

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 663 446**

51 Int. Cl.:

<b>H01M 8/02</b>	(2006.01)
<b>H01M 8/24</b>	(2006.01)
<b>C25B 9/06</b>	(2006.01)
<b>C25B 1/12</b>	(2006.01)
<b>C25B 1/06</b>	(2006.01)
<b>H01M 8/10</b>	(2006.01)
<b>H01M 8/04</b>	(2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.07.2013 PCT/US2013/051298**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **30.01.2014 WO14018394**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.07.2013 E 13745258 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2018 EP 2878028**

54 Título: **Disposición de estructuras de flujo para uso en celdas electroquímicas de alta presión diferencial**

30 Prioridad:

**24.07.2012 US 201261674976 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.04.2018**

73 Titular/es:

**NUVERA FUEL CELLS, LLC (100.0%)  
129 Concord Road, Building 1  
Billerica, MA 01821, US**

72 Inventor/es:

**BLANCHET, SCOTT y  
LUNT, BENJAMIN**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

**ES 2 663 446 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

Disposición de estructuras de flujo para uso en celdas electroquímicas de alta presión diferencial

La presente divulgación está dirigida a celdas electroquímicas y, más específicamente, al diseño y a disposición de estructuras de flujo para uso en celdas electroquímicas de presión diferencial alta.

5 Las celdas electroquímicas, habitualmente clasificadas como celdas de combustible o celdas de electrólisis, son dispositivos usados para generar corriente a partir de reacciones químicas o para inducir una reacción química que usa un flujo de corriente. Una celda de combustible convierte la energía química de un combustible (por ejemplo, hidrógeno, gas natural, metanol, gasolina, etc.) y un oxidante (aire u oxígeno) en electricidad y productos de residuo de calor y de agua. Una celda de combustible básica comprende un ánodo cargado negativamente, un cátodo cargado positivamente y un material conductor de iones que se llama electrólito.

10 Diferentes tecnologías de celda de combustible utilizan diferentes materiales de electrólito. Una celda de combustible de membrana de intercambio de protones (PEM), por ejemplo, utiliza una membrana polimérica conductora de iones en calidad de electrólito. En una celda de combustible de PEM de hidrógeno, los átomos de hidrógeno se dividen en electrones y protones (iones de hidrógeno) en el ánodo. Los electrones fluyen a través del circuito hacia el cátodo y generan electricidad, mientras que los protones se difunden por la membrana del electrólito hacia el cátodo. En el cátodo, los protones de hidrógeno se combinan con electrones y oxígeno (suministrado al cátodo) para producir agua y calor.

15 Una celda de electrólisis representa una celda de combustible operada a la inversa. Una celda de electrólisis básica funciona como un generador de hidrógeno al descomponer agua en hidrógeno y oxígeno gaseosos cuando se aplica un potencial eléctrico externo. La tecnología básica de una celda de combustible de hidrógeno o de una celda de electrólisis puede aplicarse a la manipulación electroquímica de hidrógeno tal como compresión, purificación o expansión electroquímicas de hidrógeno. La manipulación electroquímica de hidrógeno a surgido como una alternativa viable a los sistemas mecánicos usados tradicionalmente para el manejo de hidrógeno. La comercialización exitosa del hidrógeno como un portador de energía y sostenibilidad a largo plazo de una "economía de hidrógeno" depende en gran parte de la eficiencia y de la rentabilidad de las celdas de combustible, las celdas de electrólisis y otros sistemas de manipulación/manejo de hidrógeno.

20 En operación, una celda de combustible individual puede generar, en términos generales, aproximadamente 1 V. Para obtener la cantidad deseada de potencia eléctrica se combinan celdas de combustible individuales para formar una pila de celdas de combustible. Las celdas de combustible son apiladas conjuntamente en una secuencia y cada celda incluye un cátodo, una membrana de electrólito y un ánodo. Cada ensamblaje de cátodo/membrana/ánodo constituye un "ensamblaje de electrodo de membrana", o "EEM", el cual es soportado normalmente por ambos lados por placas bipolares. Los gases (hidrógeno y aire) se suministran a los electrodos del EEM a través de canales formados en las placas, los cuales se conocen como campos de flujo. Además de proporcionar soporte mecánico, las placas bipolares (también conocidas como placas de campo de flujo) separan físicamente las celdas individuales en una pila mientras se conectan eléctricamente con las mismas.

25 La FIG. 1 es una vista esquemática despiezada que muestra los diversos componentes de una celda de combustible 10 de PEM de la técnica anterior. Tal como se ha ilustrado, las placas bipolares 2 están al lado del "ensamblaje de electrodo de membrana", el cual comprende un ánodo 7A, un cátodo 7C y una membrana de electrólito 8. Los átomos de hidrógeno suministrados al ánodo 7A se dividen de modo electroquímico en electrones y protones (iones de hidrógeno). Los electrones fluyen por un circuito eléctrico al cátodo 7C y generan electricidad en el procedimiento, mientras que los protones se mueven por la membrana de electrólito 8 al cátodo 7C. En el cátodo, los protones se combinan con electrones y oxígeno (suministrado al cátodo) para producir agua y calor.

30 Adicionalmente, la celda de combustible 10 de PEM de la técnica anterior comprende capas de difusión de gas (GDLs) 5 conductoras de electricidad dentro de la celda a cada lado del EEM. Las capas de difusión de gas 5 sirven como medio de difusión que permiten el transporte de gases y líquidos dentro de la celda, proporcionan conducción eléctrica entre placas bipolares 2 y membrana de electrólito 8, ayudan en la remoción de calor y de agua del procedimiento de la celda y, en algunos casos, proporcionan soporte mecánico a la membrana de electrólito 8. Las capas de difusión de gas 5 pueden comprender una tela de carbono tejida o no tejida con electrodos 7A y 7C recubiertos a los lados enfrentados a la membrana de electrólito. En algunos casos, los electrodos 7A y 7C incluyen un material electrocatalizador recubierto en cada GDL 5 adyacente o en la membrana de electrólito 8. En términos generales, las capas de difusión de gas a base de fibra de carbono no cumplen los requisitos de desempeño de una celda de alta presión diferencial, particularmente debido a las propiedades estructurales limitadas de estos materiales. Por lo tanto, algunas celdas electroquímicas de alta presión usan metales densamente sinterizados de tipo "frita", mallas o metales expandidos en combinación con, o como reemplazo de, GDLs tradicionales para proporcionar soporte estructural al EEM en combinación con campos de flujo 4 de canal de tierra, tradicionales, formados en las placas bipolares 2. Las estructuras en capas (es decir, mallas y metales expandidos) proporcionan estructuras relativamente gruesas adecuadas para operaciones a alta presión diferencial. Sin embargo, introducen otras sanciones de desempeño, por ejemplo, alta resistencia al contacto, alta resistencia al

flujo, gran distancia entre las celdas, etc. Para superar las limitaciones físicas de estas estructuras en capas pueden usarse sustratos metálicos porosos tridimensionales como un reemplazo para los campos de flujo 4 de canal de tierra tradicionales y GDLs 5 en celdas electroquímicas de alta presión diferencial. En una celda electroquímica que usa campos de flujo metálicos porosos, los gases reactivos a cada lado de la membrana del electrolito fluyen por los campos de flujo porosos bidimensionales y se difunden por la GDL porosa para alcanzar la membrana de electrolito.

Las celdas de alta presión diferencial se enfrentan al reto adicional de mantener la integridad de la membrana de electrolito 8 durante la operación. La membrana es inherentemente más débil que otros componentes en el ensamblaje de la celda y, por lo tanto, se requieren soporte mecánico adicional y/u otras consideraciones de diseño para impedir la deformación o el fallo de la membrana durante las operaciones a alta presión diferencial. El refuerzo de la membrana puede limitar el movimiento o el doblado de la membrana bajo altas presiones; sin embargo, las estructuras de refuerzo pueden interferir con intercambio de fluido por la membrana e incrementar el tamaño/el peso, totales, de la celda. Por lo tanto, hay un reto continuo para mejorar el diseño de celdas electroquímicas que permitan a la membrana de electrolito resistir las fuerzas asociadas con los diferenciales de alta presión, pero sin adicionar otros componentes a la celda y permitiendo un intercambio adecuado de fluidos por la membrana.

La presente divulgación se dirige al diseño y a la disposición de campos de flujo y GDLs para soportar la membrana de electrolito durante operaciones a alta presión diferencial. En particular, la presente divulgación se dirige a disposición de campos de flujo metálicos porosos, tridimensionales y GDLs para usar con celdas electroquímicas a alta presión diferencial que incluyen, pero no se limitan a, celdas de combustible, celdas de electrólisis, purificadores de hidrógeno, expansores de hidrógeno y compresores de hidrógeno. En una forma ilustrativa de realización de la presente divulgación, los campos de flujo metálicos porosos pueden ejecutar las funciones normalmente requeridas de GDLs, introduciendo de esta manera la posibilidad de eliminar las GDLs del ensamblaje de celda electroquímica. En una forma alternativa de realización, un sustrato metálico poroso que consiste en dos capas distintas que tienen tamaño de poro promedio diferentes (por ejemplo, por los más grandes que constituyen el campo de flujo y por los más pequeños que reemplazan la GDL) puede ponerse en contacto con la membrana de electrolito. Por consiguiente, el campo de flujo y la GDL se denominan de manera colectiva en lo sucesivo "estructura de flujo", al menos que se especifique de otra manera. Dentro del alcance de la presente divulgación pueden usarse campos de flujo metálicos para usar con GDLs convencionales, o para fabricar GDLs metálicas porosas para usar en combinación con campos de flujo convencionales de tipo canal.

La publicación EP 1289042 divulga un ensamblaje de electrodo de membrana que comprende una membrana de electrolito de polímero sólido y un par de capas de electrodo de difusión de gas que tienen capas catalizadoras y capas de difusión de gas. Las capas catalizadoras de la capa de electrodo de difusión de gas ponen en sándwich a la membrana de electrolito de polímero sólido; una superficie de la membrana de electrolito de polímero sólido es cubierta por la capa de electrodo de difusión de gas y la otra superficie de la membrana de electrolito de polímero sólido se extiende sobre la capa de electrodo de difusión de gas y los extremos de la capa catalizadora se disponen para estar inclinados a los extremos de la capa catalizadora de la otra capa de electrodo de difusión de gas.

Según un aspecto de la invención, se proporciona una celda electroquímica tal como se expone en la reivindicación 1.

Los dibujos acompañantes, que se incorporan y constituyen una parte de esta especificación, ilustran formas de realización de la invención y conjuntamente con la descripción sirven para explicar los principios de los diversos aspectos de la invención.

FIG. 1 ilustra una vista esquemática despiezada que muestra los diversos componentes de una celda de combustible de membrana de intercambio de protones (PEM por Proton Exchange Membrane) de la técnica anterior;

FIG. 2 ilustra una vista en sección transversal de una celda electroquímica para uso en operaciones a alta presión diferencial, de conformidad con formas ejemplares de realización de la presente divulgación;

FIGS. 3A-3C ilustran vistas de planta de las estructuras de flujo a alta presión y a baja presión para diversas geometrías de celda electroquímica, de conformidad con formas ejemplares de realización de la presente divulgación;

y

FIG. 4 ilustra una vista expandida de una porción de la celda electroquímica representada en la FIG. 2, de conformidad con formas ejemplares de realización de la presente divulgación.

Ahora se hará referencia a ciertas formas de realización que son consistentes con la presente divulgación, cuyos ejemplos ilustran en los dibujos acompañantes. Donde sea posible, los mismos números de referencia se usan en todos los dibujos para referirse a las mismas partes o aparte similares. Puede entenderse que, aunque la presente divulgación se describe en relación con una celda electroquímica de alta presión diferencial, los dispositivos y

procedimientos de la presente divulgación pueden emplearse con diversos tipos de celdas electroquímicas que incluyen, pero no se limitan a, celdas electroquímicas que operan a altas presiones diferenciales.

La presente divulgación se dirige a disposición de estructuras de flujo porosas tridimensionales dentro de las celdas electroquímicas para usar en operaciones de alta presión diferencial. En formas ilustrativas de realización, una de las estructuras de flujo en la celda electroquímica se expone a presiones de fluido más altas durante la operación que la estructura de flujo al otro lado de la membrana de electrólito. Por ejemplo, cuando se configura una celda electroquímica como un compresor de hidrógeno, la estructura de flujo en el lado del cátodo de la membrana se expone a presiones más altas que la estructura de flujo en el lado del ánodo. En lo sucesivo, la estructura de flujo que se expone a presiones de fluido más altas durante la operación se denomina la "estructura de flujo de presión alta" y la estructura de flujo que se somete a presiones de fluido comparativamente más bajas se denomina la "estructura de flujo de presión baja". En formas ejemplares de realización, la estructura de fluido de baja presión tiene un área de superficie más grande que la estructura de flujo de alta presión a lo largo de los lados paralelos a la membrana. En una disposición así, las altas presiones de fluido que actúan sobre la membrana de electrólito se balancean total y continuamente por el soporte estructural del sustrato poroso tridimensional (es decir, la estructura de flujo) por el lado de baja presión de la membrana. El uso de la estructura de flujo de baja presión como un soporte de membrana obvia la necesidad de estructuras adicionales de refuerzo de membrana para soportar la membrana contra altas tensiones. El soporte continuo suministrado a la membrana por la estructura de flujo de baja presión permite el uso de membranas delgadas de electrólito, tradicionales (por ejemplo, membranas de PFSA (ácido perfluorosulfónico) que tienen un grosor < 30  $\mu\text{m}$ ) en operaciones alta presión diferencial sin dar lugar a una deformación o un fallo de la membrana.

FIG. 2 muestra una vista de sección transversal de una celda electroquímica 20 para usar en operaciones alta presión diferencial. Tal como se ilustra en FIG. 2, la celda 20 comprende una membrana de electrólito 40 que está flanqueada por una estructura de flujo 22 de alta presión a un lado y una estructura de flujo 28 de baja presión al otro lado. La estructura de flujo 22 de alta presión y la estructura de flujo 28 de baja presión están rodeadas por placas bipolares 30 y 31, respectivamente, que separan la celda electroquímica 20 de las celdas adyacentes en la pila. La placa bipolar 30 está situada sobre el lado de alta presión de la celda 20 y la placa bipolar 31 está situada sobre el lado de baja presión de la celda. Se suministra un sello 25 entre la placa bipolar 30 y la membrana 40 para impedir fugas de gas a alta presión. El sello 25, también denominado en el presente documento como sello del lado de alta presión, aprieta la membrana contra la estructura de flujo 28 de baja presión. En formas ejemplares de realización, el sello 25 comprende un material elastomérico o polimérico de sellado, por ejemplo, silicona, EPDM (monómeros de etileno-propileno-dieno), fluoroelastómero, goma de nitrilo (Buna-N), PTFE (politetrafluoroetileno), poli sulfona, polieterimida, sulfuro de polifenileno, PEEK (poliéter éter cetona), poliimida, PET (tereftalato de polietileno), PEN (naftalato de polietileno), HDPE (polietileno de alta densidad), poliuretano, neopreno, acetal, nailon, tereftalato de polibutileno, NBR (goma de acrilonitrilo-butadieno), etc.

Tal como se ilustra en FIG. 2, la estructura de flujo 22 de alta presión tiene un área de superficie más pequeña que la estructura de flujo 28 de baja presión en la interfase de estructura de flujo-EEM, es decir a los lados enfrentados a la membrana de electrólito 40. En formas ejemplares de realización, el límite del campo 22 de alta presión en la interfase de estructura de flujo-EEM se encuentra abarcado completamente por el límite de estructura de flujo 28 de baja presión. En una disposición así, donde la estructura de flujo 28 de baja presión tiene un área de superficie más grande que la estructura de flujo 22 de alta presión, la alta presión de fluido que actúa sobre la membrana de electrólito 40 desde la estructura de flujo de alta presión se balancea continuamente por el soporte estructural suministrado por la estructura de flujo de baja presión localizado al otro lado de la membrana. Una disposición así asegura que cada parte de la membrana 40 que se expone a alta presión de fluido se encuentre soportada por la estructura de flujo 28 de baja presión. El soporte uniforme continuo proporcionado por la estructura de flujo 28 de baja presión protege contra puntos de alto estrés sobre la membrana 40, de los cuales se sabe que causan fallo de membrana. El refuerzo suministrado por la estructura de flujo 28 de baja presión asegura además que la membrana 40 no se doble excesivamente bajo la alta presión, impidiendo de esta manera la ruptura. En una celda electroquímica ejemplar que se usa para compresión de hidrógeno, la celda pudo operar a presiones diferenciales más altas que aproximadamente 12.000 psi (87,2 MPa) sin romper la membrana, y la presión diferencial se midió como la diferencia entre la presión de hidrógeno de entrada (que puede abarcar desde aproximadamente -10 psi (-68,9 kPa) hasta aproximadamente 0 psi, o desde aproximadamente 0 psi hasta aproximadamente 25 psi (172 kPa), aproximadamente 100 psi (689 kPa), aproximadamente 500 psi (3,45 MPa), aproximadamente 1000 psi (6,89 MPa), o aproximadamente 6000 psi (41,4 MPa)) y la presión de hidrógeno comprimido (que puede abarcar desde el límite más bajo de la presión de hidrógeno de entrada a más de aproximadamente 12.000 psi (87,2 MPa)).

FIGS. 3A-3C muestran vistas de planta de la estructura de flujo 22 de alta presión y de la estructura de flujo 28 de baja presión para diversas geometrías posibles de celda electroquímica. FIG. 3A ilustra una disposición donde las estructuras de flujo de la celda electroquímica están enmarcadas circularmente; FIG. 3B ilustra una disposición donde las estructuras de flujo están enmarcadas de modo rectangular; y FIG. 3C ilustra una disposición donde las estructuras de flujo están enmarcadas de modo oval. Son posibles otras geometrías diversas de estructura de flujo dependiendo del diseño de la celda electroquímica. Tal como se ilustra en FIGS. 3A-3C, el perímetro de la estructura de flujo de alta presión al lado que enfrenta la membrana 40 está contenido enteramente dentro del perímetro de la estructura de flujo de baja presión al lado que enfrenta la membrana. FIGS. 3A-3C demuestran además que el sello

25 está contenido dentro del perímetro del campo de baja presión sobre el lado que enfrenta la membrana, de manera que el sellado del lado de alta presión se lleva a cabo frente a la estructura contigua de flujo de baja presión. En un diseño en el que la estructura de flujo de baja presión es igual a o más pequeña que el campo de alta presión, cualquier brecha potencial entre la placa bipolar y la estructura de flujo de baja presión (por ejemplo, en las extremidades de la estructura de flujo de baja presión) puede crear un punto de fallo para el ensamblaje de electrodo-membrana. Al abarcar el sello del lado de alta presión dentro del límite de la estructura de flujo de baja presión, no se expone ninguna brecha entre la placa bipolar 31 y el campo 28 de baja presión al campo 22 de alta presión. Una disposición así asegura además que las discontinuidades en el lado de baja presión (por ejemplo, cualquier porción de la membrana que no esté soportada por la estructura de flujo de baja presión) no se expongan a altas presiones. En formas ejemplares de realización, todos los sellos del lado de alta presión en la pila de celdas completa se encuentran dentro de los perímetros de las respectivas estructuras de flujo de baja presión.

En una forma ilustrativa de realización, las estructuras de flujo 22, 28 son fabricadas usando espumas de metal u otros sustratos metálicos porosos. En una forma de realización así, se forma una estructura de flujo celular, abierta, compactando un material metálico altamente poroso tal como una espuma de metal, una frita de metal sinterizados o cualquier otro metal poroso. El material metálico poroso puede comprender un metal tal como acero inoxidable, titanio, aluminio, níquel, hierro, etc., o una aleación metálica tal como una aleación de níquel cromo, aleación de níquel-estaño, etc. En algunas formas ilustrativas de realización, el tamaño de los poros en el material mecánico puede abarcar desde aproximadamente 10 a aproximadamente 1000  $\mu\text{m}$ . Por ejemplo, el tamaño de poros del material metálico puede abarcar desde aproximadamente 20  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 1000  $\mu\text{m}$ , tal como desde aproximadamente 50  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 1000  $\mu\text{m}$ , desde aproximadamente 20  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 900  $\mu\text{m}$ , etc., desde aproximadamente 30  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 800  $\mu\text{m}$ , desde aproximadamente 40  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 700  $\mu\text{m}$ , desde aproximadamente 50  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 600  $\mu\text{m}$ , desde aproximadamente 60  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 500  $\mu\text{m}$ , desde aproximadamente 70  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 500  $\mu\text{m}$ , desde aproximadamente 100  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 450  $\mu\text{m}$ , desde aproximadamente 200  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 450  $\mu\text{m}$ , y desde aproximadamente 350  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 450  $\mu\text{m}$ . En algunas formas de realización, el tamaño de poro promedio del material metálico es de aproximadamente 400  $\mu\text{m}$ , aproximadamente 500  $\mu\text{m}$ , o aproximadamente 800  $\mu\text{m}$ . En algunas formas de realización, el volumen vacío del material metálico puede ser mayor que aproximadamente 75%, mayor que aproximadamente 80%, mayor que aproximadamente 85%, mayor que aproximadamente 90%, mayor que aproximadamente 95%, aproximadamente 75%, aproximadamente 80%, aproximadamente 85%, aproximadamente 90%, o aproximadamente 95%. El procedimiento de compactación incrementa la resistencia total del material metálico poroso. Por ejemplo, en una forma de realización, el límite elástico del material metálico poroso antes de compactación es de 30 psi (207 kPa) y después de compactación la resistencia se incrementa a 14.000 psi (96,5 MPa).

En unas formas de realización, la estructura de flujo 28 de baja presión es compactada a un nivel de densidad mayor que el de la estructura de flujo 22 de alta presión. En algunas formas de realización, un material metálico poroso destinado a formar la estructura de flujo 28 de baja presión es compactado a un nivel de estrés axial expuesto (" $P_{\text{expuesto}}$ ") igual a o mayor que la presión operacional pretendida (" $P_{\text{operación}}$ ") de la celda electroquímica. En algunas formas de realización, la proporción entre el estrés de exposición y la presión operacional ( $P_{\text{expuesto}}/P_{\text{operación}}$ ) abarca desde un valor de aproximadamente 1 a aproximadamente 1,5. Por ejemplo, si se pretende operar una celda electroquímica a una presión diferencial de aproximadamente 4.000 psi (27,6 MPa), entonces un material metálico poroso que forma la estructura de flujo 28 de baja presión es compactado a un nivel de estrés igual a o mayor que aproximadamente 4.000 psi (27,6 MPa).

En algunas formas de realización, la matriz metálica porosa compactada es laminada sobre un lado con una capa de material microporoso (MPL) para formar la estructura de flujo. Por ejemplo, la matriz metálica porosa puede laminarse con la MPL antes del procedimiento de compactación, o la matriz metálica porosa puede laminarse con la MPL después del procedimiento de compactación. A laminación puede incluir calandrado, prensado o recubrimiento del material poroso con la MPL. La superficie plana, lisa, laminada puede colocarse adyacente a la membrana de electrolito de una celda electroquímica. En formas ilustrativas de realización, el tamaño de poro promedio de la MPL laminada es menor que el tamaño de poro promedio de la capa compactada, que puede crear un gradiente de porosidad por la estructura de flujo metálica y facilitar la distribución del soporte mecánico a la membrana de electrolito. En formas ejemplares de realización, las MPLs tienen un tamaño de poro promedio que abarca desde aproximadamente 0.5  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$ .

En formas adicionales de realización, la MPL es recubierta con una capa electrocatalizadora si el electrocatalizador no es integral al ensamblaje de electrodo de membrana. La estructura laminada resultante puede disponerse en la celda electroquímica con la capa electrocatalizadora posicionada adyacente a la membrana. En algunas formas de realización en las que no se usa MPL, la capa electrocatalizadora puede recubrirse directamente sobre el sustrato de matriz metálica porosa compactada sobre el lado que enfrenta la membrana de electrolito.

FIG. 4 muestra una vista expandida de área 50 en FIG. 2 para ilustrar adicionalmente los diversos componentes de una forma ejemplar de realización de la celda electroquímica 20 en la interfase estructura de flujo-EEM. Tal como se ilustra en FIG. 4, la estructura de flujo 22 de alta presión y la estructura de flujo 28 de baja presión se laminan con MPLs 52A y 52C, respectivamente, a los lados que enfrentan la membrana de electrolito 40. En formas ejemplares

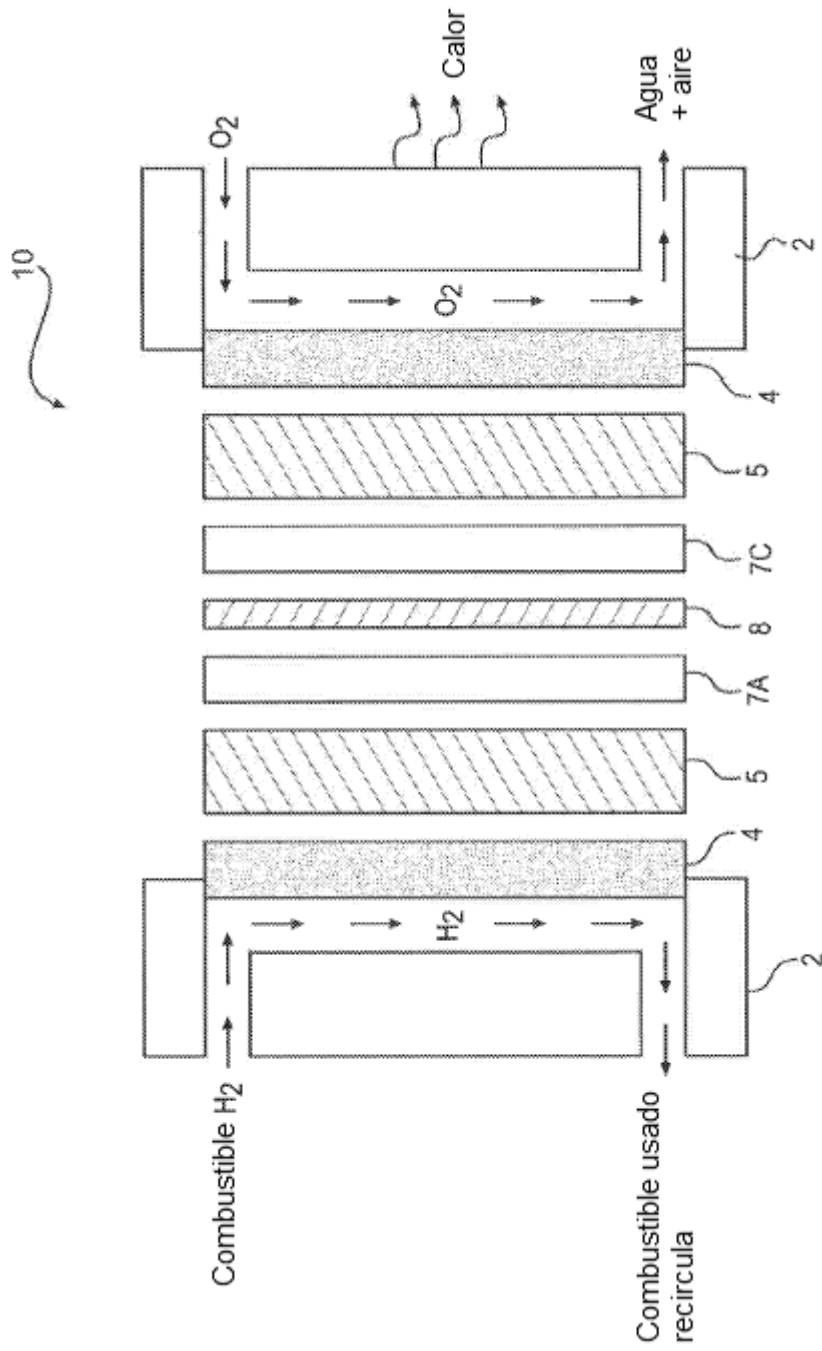
de realización, los electrodos 54A y 54C se colocan adyacentes a, se pegan, se laminan, se moldean directamente, o se recubren sobre las estructuras de flujo 22 y 28, respectivamente. En algunas formas de realización, la celda electroquímica 20 comprende un borde de refuerzo 56 alrededor de la periferia del campo 22 de alta presión entre la placa bipolar 30 y la membrana de electrolito 40. En unas formas de realización, el borde de refuerzo 56 se localiza a lo largo del área entre los límites de las estructuras de flujo de alta presión y de baja presión. En tales formas de realización, el sello 25 se posiciona entre la capa de refuerzo 56 y la placa bipolar 30, tal como se ilustran en FIG. 4, debido a que el sello 25 se localiza en el área entre los límites de las estructuras de flujo 22 de alta presión y de baja presión. En formas ejemplares de realización, la capa de refuerzo 56 comprende un material polimérico, por ejemplo, silicona, EPDM (monómeros de etileno-propileno-dieno), fluoroelastómero, goma de nitrilo (Buna-N), PTFE (politetrafluoroetileno), polisulfona, polieterimida, sulfuro de polifenileno, PEEK (poliéter éter cetona), poliimida, PET (tereftalato de polietileno), PEN (naftalato de polietileno), HDPE (polietileno de alta densidad), poliuretano, neopreno, acetal, nailon, tereftalato de polibutileno, NBR (goma de acrilonitrilo-butadieno), etc. En algunas formas de realización, el borde de refuerzo 56 se pega a la membrana de electrolito 40 para crear un ensamblaje de "borde de membrana de electrodo de estructura de flujo" integrado para reducir la cantidad de pasos de tratamiento durante la fabricación de la celda y la etapa de ensamblaje.

Otras formas de realización de la invención serán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la consideración de la especificación y práctica de la invención divulgadas en la presente publicación. Se pretende que la especificación y los ejemplos sean considerados sólo como ejemplos, y el verdadero alcance de la invención es indicado por las siguientes reivindicaciones.

20

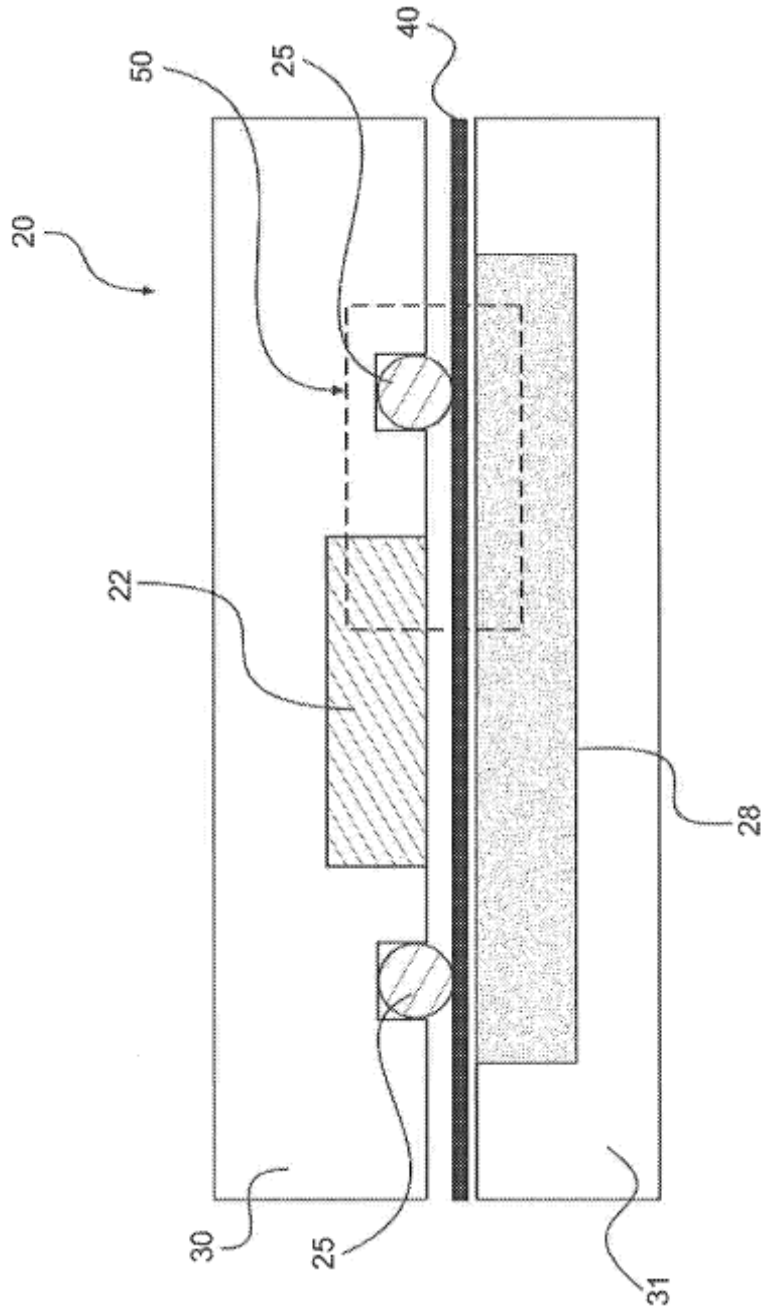
**REIVINDICACIONES**

1. Una celda electroquímica (20) que comprende: un primer electrodo (54A), un segundo electrodo (54C), y una membrana de electrolito (40) dispuesta entre estos;
- 5 una primera estructura de flujo (28) adyacente al primer electrodo (54A), y la primera estructura de flujo (28) comprende una primera superficie plana a lo largo de un lado que se enfrenta al electrodo (54A); y
- una segunda estructura de flujo (22) adyacente al segundo electrodo (54C), y la segunda estructura de flujo (22) comprende una segunda superficie plana a lo largo de un lado que se enfrenta al electrodo (54C);
- en la cual el área de la primera superficie plana es más grande que el área de la segunda superficie plana; y
- 10 en la cual un sello (25) alrededor de la segunda estructura de flujo (22) se localiza dentro del límite de la primera superficie plana;
- en cuyo caso la primera estructura de flujo se configura para resistir una fuerza estructural más alta que la segunda estructura de flujo;
- la cual se caracteriza porque:
- 15 la primera estructura de flujo (28) comprende un sustrato metálico poroso compactado y la segunda estructura de flujo (22) comprende un sustrato metálico poroso, en cuyo caso la primera estructura de flujo (28) es compactada a un nivel de densidad mayor que aquel de la segunda estructura de flujo (22);
- la celda comprende además una placa bipolar (30) que se posiciona adyacente a la segunda estructura de flujo (22), y una capa de refuerzo (56) entre la placa bipolar (30) y la membrana de electrolito (40).
- 20 2. La celda electroquímica (20) de la reivindicación 1, en la cual el límite de la segunda superficie plana se encuentra dentro del límite de la primera superficie plana.
3. La celda electroquímica (20) de la reivindicación 1, en la cual el sello (25) comprende una junta polimérica.
4. La celda electroquímica (20) de la reivindicación 1, en la cual la primera estructura de flujo (28) comprende al menos una capa de material microporoso (52A) laminada sobre el sustrato metálico poroso compactado.
- 25 5. La celda electroquímica (20) de la reivindicación 4, en la cual la segunda estructura de flujo (22) comprende al menos una capa de material microporoso (52C) laminada sobre el sustrato metálico poroso.
6. La celda electroquímica (20) de la reivindicación 1, en la cual la capa de refuerzo (56) se pega sobre la membrana de electrolito (40).

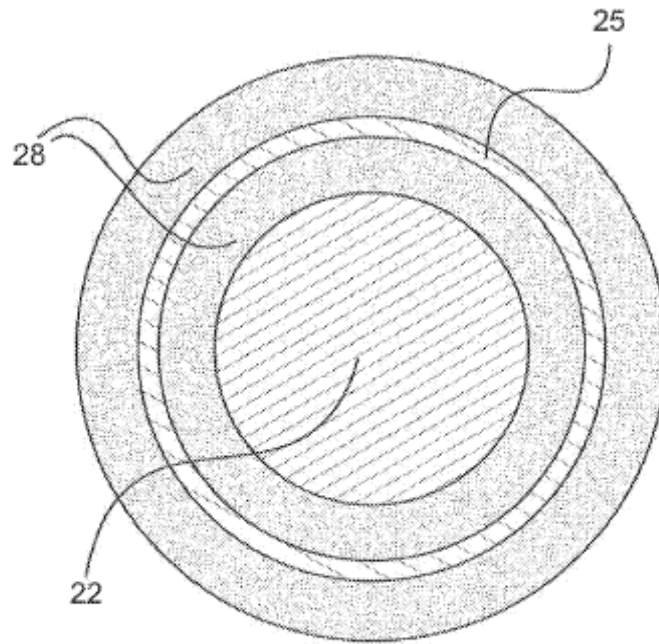


**FIG. 1**

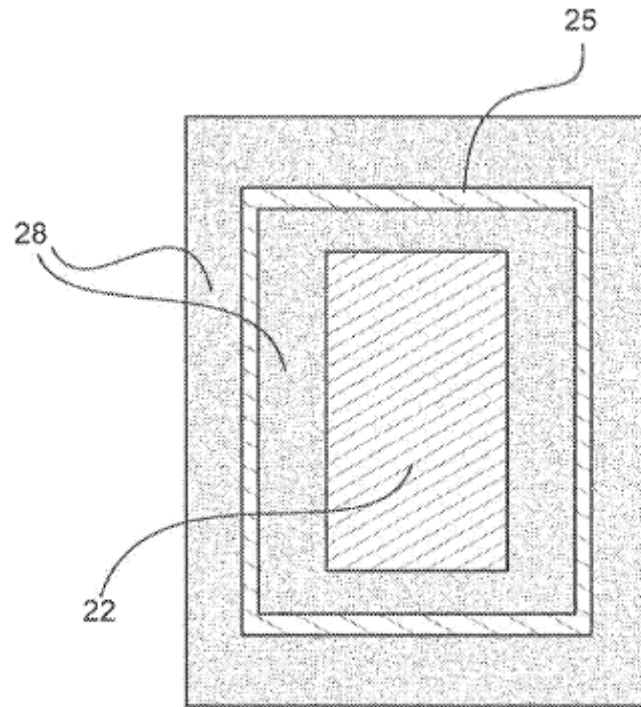




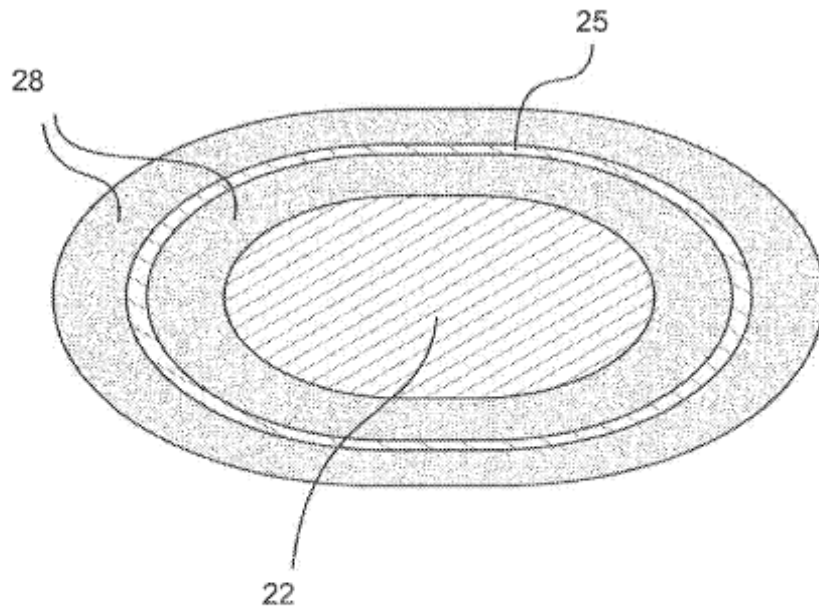
**FIG. 2**



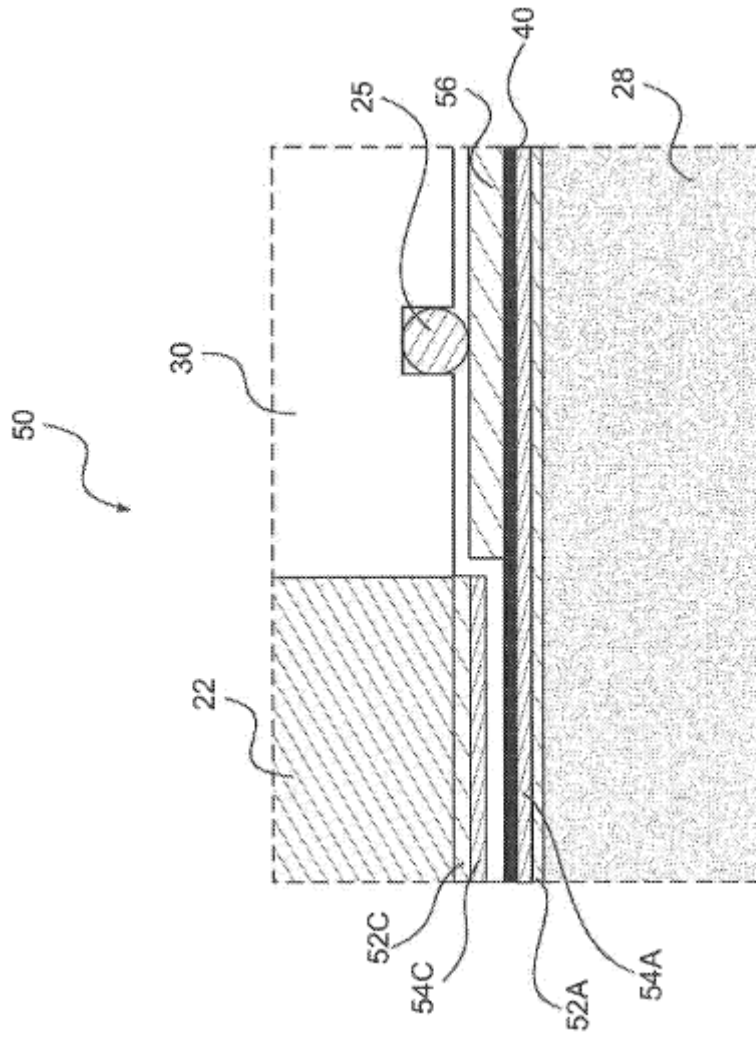
**FIG. 3A**



**FIG. 3B**



**FIG. 3C**



**FIG. 4**