

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 888 850**

(51) Int. Cl.:

H01M 8/2475 (2006.01)

H01M 8/248 (2006.01)

H01M 8/2485 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.11.2016 PCT/US2016/061992**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **26.05.2017 WO17087365**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.11.2016 E 16866935 (6)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.08.2021 EP 3378116**

(54) Título: **Conjunto de electrodo y batería de flujo con distribución mejorada del electrolito**

(30) Prioridad:

18.11.2015 US 201562256847 P

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

07.01.2022

(73) Titular/es:

**INVINITY ENERGY SYSTEMS (CANADA)
CORPORATION (100.0%)**

**1445 Powell Street
Vancouver, BC V5L 1G8, CA**

(72) Inventor/es:

**KLASSEN, ANDREW y
BLACKER, RICKY**

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 888 850 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

Conjunto de electrodo y batería de flujo con distribución mejorada del electrolito

Campo técnico

La presente invención se refiere a un conjunto de electrodo para una batería de flujo que tiene una construcción que permite una distribución mejorada del electrolito dentro del material del electrodo y a una batería de flujo que comprende tales conjuntos de electrodo.

Antecedentes

Las baterías de flujo, también conocidas como baterías de flujo redox, convierten la energía eléctrica en energía química, que puede almacenarse y luego convertirse en energía eléctrica que se libera cuando hay una demanda.

Las baterías de flujo se distinguen de otros dispositivos electroquímicos, por ejemplo, de las celdas de combustible, por el uso de electrolitos líquidos que participan en una reacción electroquímica reversible. Las celdas de combustible utilizan combustibles gaseosos para producir energía, no almacenan energía, mientras que las baterías de flujo no generan energía, sino que almacenan y liberan energía. Ésta es una diferencia básica entre las celdas de combustible y las baterías de flujo, pero hay muchas otras diferencias entre estos dos tipos de celdas electroquímicas, algunas de las cuales se describen aquí más detalladamente.

Una batería de flujo básica, tal como la mostrada en la Figura 1 con el número de referencia 10, comprende una celda 11 de flujo redox que tiene un electrodo negativo 12 y un electrodo positivo 14 separados por un separador 16. Un electrolito líquido negativo 17 se alimenta desde el depósito 18 de almacenamiento al electrodo negativo, y un electrolito líquido positivo 19 se alimenta desde el depósito de almacenamiento 20 al electrodo positivo, para realizar las reacciones redox electroquímicamente reversibles. El separador puede ser un separador microporoso o una membrana de intercambio iónico y separa los electrodos e impide que los electrolitos se mezclen, pero deja pasar los iones seleccionados para completar las reacciones redox. Como se muestra, la batería de flujo comprende una primera placa colectora 22 y una segunda placa colectora 24, que están dispuestas cada una de manera adyacente a los electrodos porosos 12 y, respectivamente, 14. Los electrodos porosos están compuestos de un material que es conductor de la electricidad y catalíticamente activo con respecto a los electrolitos líquidos 17 y, respectivamente, 19 y preferiblemente resistente a la corrosión. Las placas colectoras están preferiblemente hechas de un material que sea altamente conductor y químicamente estable en el entorno altamente ácido dentro de las celdas de flujo. Las placas colectoras están acopladas a unos conductores 26 y 28 que, a través de un interruptor eléctrico 34, completan un circuito a través de bien una fuente 30 de energía eléctrica (para la carga), bien una carga 32 de energía eléctrica (para la descarga).

Los electrodos positivo y negativo de la Figura 1, separados por un separador, forman una celda 11 de flujo. Un paquete de baterías de flujo comprende generalmente más de una celda de flujo, dependiendo de la capacidad de diseño de la batería de flujo, y dos celdas de flujo vecinas están separadas por una placa bipolar. En funcionamiento, se alimentan electrolitos líquidos 17 y 19 al paquete de celdas de flujo bien para convertir energía eléctrica en energía química, bien para convertir energía química en energía eléctrica, que puede descargarse a través de una conexión eléctrica a una carga de energía.

En algunas baterías de flujo, cada uno de los electrolitos fluye por completo a través de un electrodo poroso desde cada entrada de una celda a la salida. En este tipo de batería de flujo, el flujo de electrolito puede experimentar una gran caída de presión debido a la resistencia al flujo a través del material poroso de los electrodos. En otras baterías de flujo, los electrolitos líquidos fluyen a través de canales previstos en cada lado de las placas bipolares y se difunden a los electrodos adyacentes. Este tipo de diseño facilita una menor caída de presión, debido a que los electrolitos fluyen libremente a través de los canales de flujo, pero el rendimiento es relativamente bajo, debido a la distribución no uniforme de los electrolitos a los electrodos.

Algunas baterías de flujo provistas de canales de campo de flujo en las placas bipolares han abordado este problema mediante un cambio del diseño del campo de flujo intentando lograr una distribución relativamente uniforme del electrolito dentro de los electrodos e impedir gradientes de concentración de electrolito en los electrodos.

Por ejemplo, para solucionar este problema, la solicitud de patente de los Estados Unidos número 20120244395 describe campos de flujo que tienen canales interdigitados con salidas o entradas al menos parcialmente bloqueadas, para así forzar a los electrolitos a fluir bajo los nervios de los canales a través de los electrodos líquido-porosos. Se reivindica que el flujo forzado de los electrolitos líquidos bajo los nervios y a través de los electrodos facilita una menor caída de presión que si el flujo se produjese enteramente a través de los electrodos como en la disposición de flujo continuo de algunas de las baterías de flujo, como se ha descrito anteriormente, y tiene el beneficio de mejorar la exposición del electrolito al electrodo.

En otros diseños, como se describe, por ejemplo, en la Solicitud de Patente Internacional WO 2016/072254, la placa bipolar está provista de ranuras longitudinales, conformadas o cortadas en la placa moldeada, que crean canales de alimentación de electrolito y canales de descarga de electrolito que ayudan a reducir la deformación de la armazón de

- la placa causada por el desequilibrio de presión entre el lado de alimentación y el lado de descarga. La placa bipolar comprende además secciones de guía de electrolito entre los canales de alimentación y descarga de electrolito, que guían el flujo de electrolito a los electrodos. Los canales de alimentación y descarga de electrolito están cubiertos por una placa protectora de plástico que ayuda a guiar el flujo de electrolito a los electrodos. La solicitante indica que se logra un mejor rendimiento si las secciones de guía de electrolito están provistas de ranuras para facilitar una mejor distribución del electrolito a los electrodos. Cada electrodo de las celdas en este documento de la técnica anterior, por ejemplo, el electrodo positivo o el negativo, no está conformado en una sola pieza, sino más bien dividido en al menos dos partes, mirando cada parte a una sección de guía de electrolito de la placa bipolar. Las partes de electrodo están situadas a cierta distancia de los canales de alimentación y descarga de electrolito para crear zonas de guía de electrolito, y se deja que cubran sólo parcialmente los canales de alimentación y descarga. El diseño divulgado en este documento de la técnica anterior es complicado, al involucrar electrodos que comprenden varias partes, placas protectoras de plástico que cubren las ranuras de circulación de electrolito cortadas o conformadas en las placas bipolares y disposiciones que requieren un posicionamiento correcto de las partes de electrodo de tal modo que no afecten a los canales de circulación de electrolito.
- Otro problema característico de las baterías de flujo en general es que las aberturas de alimentación de electrolito a las celdas de flujo son trayectos conductivos para fugas de corriente de una celda a la celda siguiente en el paquete. El problema de la corriente derivada a través del trayecto del fluido debido al electrolito conductor de iones no es un problema, por ejemplo, en las celdas de combustible, pero es algo que necesita abordarse en una batería de flujo. Este problema puede solucionarse aumentando la resistencia efectiva a lo largo de los trayectos de flujo hacia y en dirección opuesta a la celda para reducir la fuga de corriente de una celda a otra. Una manera de lograr una resistencia aumentada es aumentar la relación entre la longitud del trayecto de flujo de electrolito y el área de la sección transversal, lo que generalmente se hacía aumentando el trayecto de flujo de electrolito dentro de la armazón que rodea el electrodo. El aumento de la longitud del trayecto de flujo de electrolito debe mantener un equilibrio con la necesidad de reducir la caída de presión del electrolito según éste fluye a través de la celda, para así reducir la pérdida de energía de bombeo del electrolito y para lograr una distribución uniforme del flujo en cada celda.
- Durante el montaje, el paquete de celdas de flujo se colocan entre dos placas terminales y se mantienen unidas en contacto a través de la fuerza de compresión aplicada a las placas terminales. La fuerza de compresión necesaria para montar un paquete de baterías de flujo es menor que, por ejemplo, la compresión necesaria para montar un paquete de celdas de combustible. En las baterías de flujo, el paquete tiene típicamente armazones de plástico y placas terminales de metal o de plástico con varillas y tuercas metálicas que lo mantiene unido. Debido a que el plástico y el metal tienen coeficientes de dilatación térmica muy diferentes, se necesitan resortes en el sistema de fijación para asegurar una fuerza de compresión constante deseada del paquete a lo largo de las fluctuaciones de temperatura.
- El documento WO 2012/032368 A1 divulga un paquete de varios niveles compuesto de celdas monopolares que tienen dos compartimentos de flujo que contienen electrodos positivos y negativos, respectivamente, separados hidráulicamente por una membrana permiónica y definidos por placas conductoras de la electricidad apiladas de distribución de corriente a electrodos del mismo signo eléctrico por ambos lados. En una realización, unos tubos de pared delgada, que están cerrados de forma alterna en su extremo situado corriente abajo o en su extremo situado corriente arriba y que tienen numerosos agujeros practicados a intervalos regulares en toda su longitud a través de su pared, están introducidos a la fuerza en una masa de electrodo porosa.
- El documento WO2014/145844 A1 divulga sistemas para la mitigación de la corriente derivada y la pérdida mecánica en sistemas electroquímicos, que incluyen un conducto que proporciona al menos una parte de un camino conductor de la electricidad entre una primera y una segunda celdas electroquímicas, incluyendo el conducto al menos un dispositivo de supresión de corriente derivada configurado como un bucle, y/o un conjunto de conector para mantener las primera y segunda partes de conexión en posiciones adyacentes.
- El documento US2011/0223450 A1 divulga un sistema de batería de flujo de reducción/oxidación ("redox") que incluye una serie de celdas electroquímicas dispuestas en cascada, con lo que el electrolito líquido reacciona en una primera celda electroquímica (o grupo de celdas electroquímicas), antes de ser dirigido a una segunda célula (o un segundo grupo de células), donde reacciona antes de ser dirigido a celdas subsiguientes. La cascada incluye de 2 a n etapas, teniendo cada etapa una o más celdas electroquímicas.
- En vista de las dificultades conocidas asociadas con los sistemas existentes, existe la necesidad de una batería de flujo que permita una mejor distribución del electrolito a través de los electrodos y disminuya el riesgo de que se produzcan corrientes derivadas en el paquete mediante el uso de una construcción sencilla y eficaz del conjunto de electrodo y del conjunto de paquete de celdas.
- Compendio de la invención**
- La presente invención se refiere a un conjunto de electrodo para una batería de flujo según la reivindicación 1, a baterías de flujo según las reivindicaciones 11 y 12, respectivamente, a métodos para fabricar un conjunto de electrodo para una batería de flujo según las reivindicaciones 14 y 15, respectivamente, así como a un método para fabricar un paquete de baterías de flujo según la reivindicación 16. En particular, el conjunto de electrodo comprende un material

poroso de electrodo, una armazón que rodea el material poroso de electrodo, al menos un tubo distribuidor que está embutido en el material poroso de electrodo y que tiene una entrada para alimentar electrolito al material poroso de electrodo, y al menos otro tubo distribuidor que está embutido en el material poroso de electrodo y que tiene una salida para descargar electrolito del material electrodo poroso. La armazón y los tubos distribuidores están hecho de un material plástico que no conduce la electricidad.

En realizaciones preferidas del conjunto de electrodo según la presente invención, los tubos distribuidores se extienden entre un primer lado de la armazón y un segundo lado de la armazón, más allá del punto medio entre los dos lados de la armazón.

En la primera realización de la presente invención, los tubos distribuidores que tienen una entrada para alimentar electrolito al material poroso de electrodo tienen cada uno una salida sellada en la armazón, y los tubos distribuidores que tienen una salida para descargar electrolito del material poroso de electrodo tienen cada uno una entrada sellada en la armazón.

Los tubos distribuidores son tubos huecos que tienen un paso interior de flujo y una pared que rodea el paso interior. En realizaciones preferidas, la pared de los tubos huecos está hecha de un material sólido provisto de agujeros para permitir que fluya electrolito a través de la pared del tubo distribuidor al material poroso de electrodo. Como alternativa, la pared de los tubos huecos puede estar hecha de un material poroso para permitir que fluya electrolito a través de la pared del tubo distribuidor.

En una segunda realización de la presente invención, los tubos distribuidores que tienen una entrada para alimentar electrolito al material de electrodo tienen cada uno una salida abierta en el material poroso de electrodo, y los tubos distribuidores que tienen una salida para descargar electrolito del material de electrodo tienen cada uno una entrada abierta en el material poroso de electrodo. En tales realizaciones, los tubos distribuidores son tubos huecos que tienen un paso interior de flujo y una pared que rodea el paso interior, y la pared de al menos uno de los tubos huecos puede estar hecha de un material sólido. En tales realizaciones, la pared de los tubos huecos puede también estar hecha de un material poroso o de un material sólido provisto de al menos un agujero para permitir una mejor distribución de electrolito dentro del material poroso de electrodo.

En algunas realizaciones del presente conjunto de electrodo, los tubos distribuidores son tubos huecos que tienen un paso interior de flujo hecho de un material poroso que tiene una porosidad mayor que la porosidad de la pared del tubo.

Generalmente, los tubos distribuidores tienen una sección transversal circular. Como alternativa, como se describe aquí, los tubos distribuidores pueden tener una sección transversal triangular.

En realizaciones preferidas, los tubos distribuidores están embutidos por completo dentro del material poroso de electrodo. Sin embargo, en otras realizaciones, los tubos distribuidores están sólo embutidos parcialmente en el material poroso de electrodo.

En algunas realizaciones de la presente invención, los tubos distribuidores del conjunto de electrodo pueden ser tubos huecos que tengan una forma serpenteante y la pared de cada tubo distribuidor puede estar hecha de un material sólido provisto de al menos un agujero o hecha de un material poroso, para permitir la distribución de electrolito dentro del material poroso de electrodo.

Las realizaciones del conjunto de electrodo aquí descrito pueden comprender una pluralidad de tubos distribuidores que estén distribuidos uniformemente por el área del material de electrodo. En algunas realizaciones, al menos algunos de los tubos distribuidores del conjunto de electrodo tienen las mismas áreas de flujo en sección transversal o son iguales en longitud.

Los tubos distribuidores del presente conjunto de electrodo pueden estar hechos de polietileno o polipropileno, o de otros materiales electroconductivos que sean compatibles con el entorno altamente ácido dentro de una batería de flujo, tales como politetrafluoretileno (PTFE), fluoruro de polivinilideno (PVDF, por sus siglas en inglés), etilvinilacetato (EVA), copolímeros de PE, PE de ultraalto peso molecular, poliuretano termoplástico, polietersulfona, policarbonato y aleaciones de policarbonato.

La presente invención también se refiere a una batería de flujo que comprende al menos una celda de flujo que comprende un conjunto de electrodo negativo y un conjunto de electrodo positivo que tienen la construcción y las características descritas anteriormente. Cada celda de flujo comprende además un separador que separa el conjunto de electrodo positivo y el conjunto de electrodo negativo, y una primera y una segunda placas bipolares, siendo cada placa bipolar adyacente a un conjunto de electrodo respectivo.

Además, la presente invención también describe una batería de flujo que comprende un paquete de celdas de flujo encerrado en una carcasa plástica cilíndrica provista de dos placas terminales, estando el paquete de celdas de flujo unido a la pared interior de la carcasa plástica cilíndrica, con lo que la carcasa plástica cilíndrica comprime las celdas de flujo en una dirección radial y las dos placas terminales comprimen las celdas de flujo en una dirección axial. Las celdas de combustible del paquete están separadas por placas bipolares, comprendiendo cada celda de flujo un

conjunto de electrodo positivo y un conjunto de electrodo negativo, separados por un separador, comprendiendo cada conjunto de electrodo un material poroso de electrodo rodeado por una armazón. La carcasa plástica cilíndrica y las dos placas terminales que encierran el paquete de celdas de combustible están hechas de un material que no conduce la electricidad.

- 5 En realizaciones preferidas, el material de la carcasa plástica cilíndrica y de las placas terminales tiene el mismo o aproximadamente el mismo coeficiente de dilatación térmica que el material de las armazones. Por ejemplo, el material de las armazones, de la carcasa plástica cilíndrica y de las placas terminales puede ser polietileno o polipropileno.

El paquete de celdas de flujo tiene una forma exterior rectangular con sus esquinas unidas a la superficie interior de la carcasa plástica cilíndrica para crear cuatro compartimentos entre el paquete y la carcasa plástica cilíndrica, más específicamente las esquinas del paquete están unidas a la pared interior de la carcasa plástica cilíndrica a través de juntas herméticas con el fin de crear cuatro compartimentos sellados entre el paquete y la carcasa plástica cilíndrica para que los electrolitos positivo y negativo fluyan a través de los mismos. Dos de los compartimentos son para hacer fluir un electrolito positivo a través de los mismos y otros dos compartimentos son para hacer fluir un electrolito negativo a través de los mismos.

- 10 15 En algunas realizaciones, el paquete de celdas de flujo encerrado en una carcasa cilíndrica provista de dos placas terminales, que comprimen las celdas de flujo en una dirección radial y, respectivamente, en una dirección axial, como se ha descrito anteriormente, comprende celdas de flujo que tienen un conjunto de electrodo que tiene la construcción descrita en la presente invención, más específicamente el conjunto de electrodo comprende un material poroso de electrodo, una armazón que rodea el material poroso de electrodo y al menos un tubo distribuidor, que está embutido en el material poroso de electrodo y que tiene una entrada para alimentar electrolito al material poroso de electrodo, y al menos otro tubo distribuidor, que está embutido en el material poroso de electrodo y que tiene una salida para descargar electrolito del material poroso de electrodo. Tal conjunto de electrodo puede tener cualquiera de las características descritas en la presente invención.

20 25 También se describe un método para fabricar un conjunto de electrodo para una batería de flujo según la presente invención, comprendiendo el método las etapas de:

- colocar un material poroso de electrodo dentro de una armazón;
- insertar agujas posicionadoras a través de agujeros, previstos en la armazón que rodea el material poroso de electrodo, y en el material poroso de electrodo;
- deslizar tubos distribuidores a través de los agujeros previstos en la armazón y a través de agujeros previstos en el material poroso de electrodo insertando las agujas posicionadoras dentro del material poroso de electrodo, para así colocar los tubos distribuidores dentro del material poroso y en relación con la armazón, estando la armazón y los tubos distribuidores hechos de un material plástico que no conduce la electricidad; y
- sellar los tubos distribuidores dentro de los agujeros de la armazón.

30 35 En otra realización, el método para fabricar un conjunto de electrodo para una batería de flujo comprende las etapas de:

- a. fijar tubos distribuidores a una armazón de electrodo, estando la armazón de electrodo y los tubos distribuidores hechos de un material plástico que no conduce la electricidad;
- b. colocar un material poroso de electrodo al lado de la armazón de electrodo sobre los tubos distribuidores; y
- c. comprimir la armazón de electrodo, el tubo distribuidor y el material poroso de electrodo para embutar al menos parcialmente los tubos distribuidores dentro del material poroso de electrodo.

40 45 En todas las realizaciones, cuando el conjunto de electrodo de la batería de flujo es tal que comprende algunos tubos distribuidores que han de tener su entrada o respectivamente su salida cerrada, el método para fabricar el conjunto de electrodo comprende además sellar los extremos de esos tubos distribuidores para impedir que fluya electrolito a través de su entrada o salida.

También se describe un método para fabricar un paquete de baterías de flujo, comprendiendo el método las etapas de:

- a. fijar tubos distribuidores a una armazón de electrodo, estando la armazón de electrodo y los tubos distribuidores hechos de un material plástico que no conduce la electricidad;
- b. colocar sucesivamente unos sobre otros una armazón de electrodo con tubos distribuidores, un material poroso de electrodo, un separador, otro material poroso de electrodo, otra armazón de electrodo con tubos distribuidores;

- c. repetir las etapas a) y b) hasta que se haya alcanzado un número deseado de celdas de flujo en el paquete; y
 - d. comprimir un paquete de componentes formado en las etapas a) a c) para embutir al menos parcialmente los tubos distribuidores dentro del material poroso de electrodo.
- 5 Cuando el conjunto de electrodo comprende algunos tubos distribuidores que han de tener su entrada o respectivamente su salida cerrada, el método para fabricar la batería de flujo comprende además sellar los extremos de esos tubos distribuidores para impedir que fluya electrolito a través de su entrada o salida.
- 10 También se divulga un método para producir una batería de flujo, que no forma parte de la presente invención, comprendiendo la batería de flujo un paquete de celdas de flujo encerradas en una carcasa plástica cilíndrica provista de dos placas terminales y comprendiendo el método las etapas de:
- a. proporcionar la carcasa plástica cilíndrica y las dos placas terminales;
 - b. colocar el paquete de celdas de flujo dentro de la carcasa plástica cilíndrica de tal modo que las celdas de flujo estén unidas a la pared interior de la carcasa plástica cilíndrica y la carcasa plástica cilíndrica comprima las celdas de flujo en una dirección radial; y
- 15 c. comprimir el paquete de celdas de flujo en dirección axial entre las dos placas terminales.

Breve descripción de los dibujos

- Los dibujos muestran realizaciones específicas preferidas de la invención, pero no deben considerarse restrictivos del alcance de la invención en modo alguno.
- La Figura 1 muestra un ejemplo de una batería de flujo convencional.
- 20 La Figura 2A muestra una vista esquemática de un conjunto de electrodo según una realización preferida de la invención.
- La Figura 2B muestra una sección transversal a través del conjunto de electrodo representado en la Figura 2A a lo largo de la línea A-A.
- 25 La Figura 2C muestra una sección transversal longitudinal a través del conjunto de electrodo representado en la Figura 2A.
- La Figura 2D muestra una vista en sección transversal a través de uno de los tubos distribuidores de la presente invención, especialmente con referencia a la realización representada en las Figuras 2A, 2B y 2C.
- La Figura 3 muestra una vista en sección transversal a través de un conjunto de electrodo según una segunda realización de la presente invención.
- 30 La Figura 4 muestra una vista en sección transversal a través de un conjunto de electrodo según otra realización de la presente invención.
- La Figura 5 muestra un método para fabricar el conjunto de electrodo de la presente invención.
- La Figura 6A muestra una vista de un tubo distribuidor que tiene una sección transversal triangular, que puede utilizarse en un conjunto de electrodo de la presente invención, y la Figura 6B muestra tal conjunto de electrodo.
- 35 Las Figuras 6C y 6D muestran etapas en el método de fabricación de un paquete que tiene un conjunto de electrodo como el mostrado en la Figura 6B, que utiliza un tubo distribuidor de sección transversal triangular.
- Las Figuras 7A y 7B muestran un sistema y un método para comprimir y sellar un paquete de celdas de flujo en una batería de flujo.

Descripción detallada

- 40 En la presente descripción se utiliza cierta terminología, que está destinada a interpretarse según las definiciones proporcionadas posteriormente. Además, los términos tales como "un", "una" y "comprende" deben considerarse abiertos.
- En la presente memoria, en un contexto cuantitativo, debe interpretarse que el término "aproximadamente" abarca un intervalo de hasta un 20 % por encima y hasta un 20 % por debajo.
- 45 La expresión "embutido por completo" se utiliza en la presente memoria para describir un tubo distribuidor que está colocado dentro del material poroso del electrodo de tal manera que la superficie exterior del tubo está rodeada por material de electrodo.

La expresión "embutido parcialmente" se utiliza en la presente memoria para describir un tubo distribuidor que está colocado dentro del material poroso del electrodo con al menos una parte de la superficie exterior del tubo distribuidor no rodeada por material de electrodo.

- 5 La Figura 2A muestra una vista esquemática de un conjunto de electrodo según una realización preferida de la invención. El conjunto 40 de electrodo comprende un material poroso 42 de electrodo, rodeado por una armazón 44, y tubos distribuidores 46 embutidos dentro del material poroso 42 de electrodo. En esta realización, los tubos distribuidores 46 están embutidos por completo en el material poroso de electrodo, como se muestra más detalladamente en la Figura 2B, que representa una sección transversal del conjunto 40 de electrodo a lo largo de la línea A-A.
- 10 Como se muestra más detalladamente en la Figura 2C, ambos extremos de cada tubo distribuidor 46 están situados dentro de unos agujeros 45 previstos en la armazón 44. Algunos de los tubos distribuidores, tales como el indicado con el número 41, están diseñados para permitir el flujo de electrolito desde el depósito de almacenamiento al material de electrodo, mientras que otros tubos distribuidores, tales como el indicado con el número 43, están diseñados para permitir el flujo de electrolito desde el material de electrodo de vuelta hacia el depósito de almacenamiento. Los tubos distribuidores 41 tienen una entrada abierta 41A, que en un paquete de baterías operativo se halla en comunicación de fluidos con el flujo 50A de alimentación de electrolito, y una salida sellada 41B. Los tubos distribuidores 43 tienen una entrada sellada 43A y una salida 43B, que en un paquete de baterías operativo está abierta al flujo 50B de descarga de electrolito al depósito de electrolito. En virtud de la construcción de los tubos distribuidores, en una batería de flujo operativa, el electrolito puede fluir de los tubos 41, a través del material de electrodo, a los tubos distribuidores 43, como se indica mediante las flechas D y se explica posteriormente con mayor detalle.
- 15 Como se muestra en la Figura 2D, los tubos distribuidores 46 tienen una forma tubular, con un paso interior 54 a través del cual fluye electrolito en una dirección B y una pared 56 que rodea el paso interior. El paso interior del tubo distribuidor puede ser un paso abierto como se muestra en la Figura 2D, o puede estar lleno de un material que tenga una alta porosidad, más específicamente una porosidad mayor que el material de electrodo. En cualquier caso, el paso 20 interior del tubo distribuidor ha de permitir el flujo de electrolito con un bajo diferencial de presión a lo largo del tubo, preferiblemente a lo largo de toda la longitud del tubo. La pared 56 del tubo distribuidor puede comprender una pluralidad de agujeros 58, como se muestra en las Figuras 2C y 2D, que permitan el flujo de electrolito desde el paso interior al material de electrodo, como se muestra mediante las flechas D en las Figuras 2C y 2D, para distribuir el electrolito por el material de electrodo, o desde el material de electrodo al interior del tubo distribuidor, como se muestra 25 mediante las flechas E en la Figura 2C. Los agujeros 58 pueden estar distribuidos uniformemente a lo largo de la longitud del tubo para permitir una distribución uniforme de electrolito por el material de electrodo o, como entenderá fácilmente un experto en la técnica, la densidad de agujeros puede variar según las zonas del material de electrodo que requieran más o menos electrolito. Como alternativa, la pared 56 del tubo distribuidor 46 puede ser un manguito poroso con poros que tengan dimensiones que permitan el flujo de electrolito a través del manguito bajo diferenciales 30 de presión mayores que el diferencial de presión presente en el paso interior.
- 35 Como se muestra en la Figura 2C, los extremos de los tubos distribuidores están sellados en agujeros 45 de la armazón 44 para impedir todo flujo de electrolito, excepto por los trayectos dedicados a través de los tubos distribuidores 41 y 43. El electrolito fluye a través de la entrada abierta de un tubo distribuidor 41 y a través del paso interior 54 del tubo y se distribuye a través de los agujeros 58 al material de electrodo como se muestra mediante las flechas D, llegando 40 al tubo distribuidor 43 que está situado dentro del material de electrodo cerca del tubo distribuidor 41 y entrando en el paso interior del tubo distribuidor 43 a través de los agujeros 58 previstos en la pared del tubo como se muestra mediante las flechas E. En virtud del menor diferencial de presión entre los extremos del tubo distribuidor, el electrolito fluye a la salida 43B del tubo distribuidor y al flujo 50B de descarga de electrolito para ser devuelto al depósito de electrolito.
- 45 Un experto en la técnica reconocerá que las dimensiones de los tubos distribuidores, del paso interior y de los agujeros en la pared de los tubos distribuidores, o respectivamente la porosidad del material que ocupa el paso interior y la porosidad del material de pared, están calculadas para permitir el flujo de electrolito a través del paso interior con un bajo diferencial de presión y para permitir el flujo de electrolito al material de electrodo.
- 50 En las Figuras 2A y 2B, los tubos distribuidores se muestran como distribuidos uniformemente por toda la superficie del material de electrodo y extendiéndose por toda el área del conjunto de electrodo. Debe entenderse que, aunque en general se prefieren una frecuencia y un espaciamiento iguales entre tubos distribuidores para lograr un flujo uniforme de electrolito a través del material poroso de electrodo, en algunas otras realizaciones la frecuencia y el espaciamiento entre los tubos distribuidores puede variar. Como un ejemplo, cuando se prefiere una distribución no uniforme del electrolito, los tubos distribuidores no se extienden por toda el área del material de electrodo. Además, 55 en la presente ilustración de esta realización, todos los tubos se presentan con las mismas dimensiones (por ejemplo, sección transversal). En otras realizaciones, cada uno de los tubos distribuidores puede tener una dimensión diferente en sección transversal, o algunos tubos distribuidores pueden tener dimensiones diferentes en sección transversal. De manera similar, algunos tubos distribuidores pueden tener más agujeros o un material de pared más poroso que otros.

La Figura 3 ilustra una segunda realización de la presente invención. En esta realización, el conjunto 140 de electrodo comprende un material poroso 142 de electrodo, rodeado por una armazón 144, y tubos distribuidores 146 que están embutidos por completo en el material de electrodo, de manera similar a los tubos distribuidores mostrados en la Figura 2B. En la Figura 3 se muestran sólo cuatro tubos distribuidores 146, con el fin de simplificar las presentes ilustraciones. Un experto en la técnica entenderá fácilmente que puede utilizarse un mayor número de tubos distribuidores y que los tubos distribuidores pueden estar distribuidos por la superficie del material de electrodo uniformemente o su densidad y su frecuencia pueden variar de una zona del conjunto de electrodo a otra según la distribución de electrolito deseada.

En la Figura 3, el conjunto 140 de electrodo se muestra en un estado operativo como el que existiría en una batería de flujo, más específicamente en comunicación de fluidos con la alimentación y la descarga de electrolito. Como se muestra en la Figura 3, un tubo distribuidor 141 tiene una entrada 141A abierta al flujo de alimentación 150A de electrolito y una salida 141B que está abierta al material de electrodo y no se comunica con el flujo de descarga de electrolito 150B. El tubo distribuidor 143 vecino tiene una entrada 143A que está abierta al material de electrodo y una salida 143B que está en comunicación de fluidos con el flujo de descarga de electrolito 150B. Como en la realización anterior, los tubos distribuidores 146 tienen una pared y un paso interior, siendo la única diferencia que, en esta segunda realización, la pared del tubo distribuidor no ha de estar provista de agujeros o poros para permitir el flujo de electrolito a través de la pared tubular. El electrolito se distribuye a través del material de electrodo cuando sale a través de la salida del tubo situada dentro del material de electrodo, como se muestra mediante la flechas. El electrolito entra luego en uno de los tubos vecinos que tiene una entrada abierta al material de electrodo y sale del tubo distribuidor a través del extremo del tubo que está conectado al flujo de descarga de electrolito. En esta disposición, el tramo de derivación de corriente se proporciona casi por completo dentro del conjunto de electrodo, en comparación con las soluciones de la técnica anterior donde los canales de alimentación/descarga presentes en la armazón proporcionan el único tramo de derivación.

En algunas otras realizaciones, los tubos distribuidores 146 pueden estar provistos de agujeros o de una pared de mayor porosidad, preferiblemente hacia el extremo del tubo que está abierto dentro del material de electrodo, si se desea.

En algunas realizaciones, los extremos de los tubos distribuidores 146 conectados a la armazón de electrodo pueden sobresalir al exterior de la armazón a través de los agujeros 145. Como se muestra en la Figura 3, la longitud de los tubos distribuidores puede variar. Algunos tubos pueden tener la misma longitud (por ejemplo, l1 = l2), mientras que otros pueden tener longitudes diferentes (por ejemplo, l1 puede ser diferente de l3 y diferente de l4).

El conjunto de electrodo mostrado en la Figura 3 tiene una línea de punto medio C-C. En realizaciones preferidas, los tubos distribuidores 146 se extienden más allá de la línea media para una mejor distribución del electrolito por el material de electrodo.

En todas las realizaciones de la presente divulgación, la armazón del conjunto de electrodo puede ser una armazón moldeada por inyección provista de agujeros para permitir la penetración de los tubos distribuidores a través del material de electrodo.

La Figura 4 muestra otra realización de la presente invención. La Figura 4 muestra sólo dos tubos distribuidores, pero un experto en la técnica entenderá fácilmente que en otras realizaciones pueden preverse más de dos tubos distribuidores. El tubo distribuidor 241 tiene una forma serpenteante con una entrada 241A conectada al flujo 250A de alimentación de electrolito y una salida sellada 241B y el tubo distribuidor 243 tiene también una forma serpenteante con una entrada sellada 243A y una salida 243B abierta al flujo 250B de descarga de electrolito. En esta realización, los tubos distribuidores están provistos de agujeros o poros en la pared del tubo, como se ha tratado en relación con las Figuras 2A y 2B, y para facilitar la fabricación los tubos están embutidos sólo parcialmente en el material de electrodo a través de un método presentado posteriormente con mayor detalle en relación con las Figuras 6C y 6D.

En una realización alternativa a la mostrada en la Figura 3, los tubos distribuidores 146 que tienen su entrada o salida abierta en el material de electrodo podrían tener también una forma serpenteante similar a la mostrada en la Figura 4.

En todas las realizaciones aquí presentadas, los tubos distribuidores pueden tener una forma redonda en sección transversal o pueden tener cualquier otra forma, por ejemplo, una forma triangular como se muestra en la Figura 6A.

La Figura 5 muestra un método para fabricar el conjunto de electrodo según la presente invención, y más específicamente según la realización mostrada en las Figuras 2A, 2C y 3. Se insertan unos tubos distribuidores 46 en el material poroso 42 de electrodo a través de unos agujeros 45 previstos en la armazón 44 utilizando agujas posicionadoras 53.

En una primera etapa de este método, se coloca material 42 de electrodo dentro de la armazón 44, luego se insertan agujas posicionadoras 53 a través de los agujeros 45 desde cada lado de la armazón y a través del material de electrodo para llegar a los agujeros 45 en el lado opuesto de la armazón. En una etapa siguiente, se deslizan los tubos distribuidores 46 a través de los agujeros 45 y a través de los agujeros previstos en el material de electrodo mediante la inserción de las agujas posicionadoras. Las agujas ayudan a posicionar los tubos distribuidores dentro del material de electrodo y en los agujeros de la armazón. A continuación, los tubos distribuidores se sueldan de manera hermética

en relación con los agujeros previstos en la armazón, y algunas entradas/salidas de los tubos distribuidores se cierran herméticamente para impedir toda comunicación de fluidos con el electrolito en una batería de flujo operativa.

Los tubos distribuidores pueden estar hechos, por ejemplo, de polipropileno (PP) o polietileno (PE), que son materiales de bajo coste y pueden sellarse fácilmente en el borde de la armazón, lo que reduce el coste del proceso de fabricación en su totalidad.

En las Figuras 6A, 6B, 6C y 6D se muestran otra realización del conjunto de electrodo según la presente invención y un método para fabricarlo. La realización mostrada en las Figuras 6A y 6B es similar a la realización mostrada en las Figuras 2A y 2C, con la diferencia de que los tubos distribuidores 346 tienen una sección transversal triangular y se embuten sólo parcialmente en el material de electrodo, como se explica aquí más detalladamente. Los tubos distribuidores 346 están provistos de agujeros 358 preferiblemente a lo largo de toda su longitud, como se muestra en detalle en la Figura 6A y se supone posteriormente, aunque no se muestre, para los tubos distribuidores 341 y 343 en las Figuras 6B, 6C y 6D. Algunos tubos distribuidores 341 tienen una entrada 341A que se halla en comunicación de fluidos con el canal 351A de entrada de electrolito previsto en la armazón 344 de electrodo (y respectivamente con el canal 350A de alimentación de electrolito en una batería de flujo operativa) y una salida 341B cerrada herméticamente, mientras que otros tubos distribuidores 343 tienen una entrada 343A cerrada herméticamente y una salida 343B que se halla en comunicación de fluidos con el canal 351B de descarga de electrolito previsto en la armazón 344 de electrodo (y respectivamente con el canal 350B de descarga de electrolito en una batería de flujo operativa). El electrolito se alimenta al conjunto de electrodo a través del canal 350A de alimentación de electrolito que, en una batería de flujo, se halla en comunicación de fluidos con el depósito de almacenamiento de electrolito, y el electrolito se descarga del conjunto de electrodo de vuelta al almacenamiento de electrolito a través del canal 350B de descarga de electrolito.

El método de fabricación de la realización de la Figura 6B se muestra en las Figuras 6C y 6D. En primer lugar, se conectan unos tubos distribuidores 346 a una armazón 344 como se muestra en la Figura 6B, luego se disponen los componentes del paquete sobre una superficie plana, unos encima de otros, de tal modo que cada conjunto compuesto de los tubos distribuidores y la armazón a la que éstos están conectados esté colocado al lado de un material 342 de electrodo, se separan los materiales 342 de electrodo mediante un separador 359 y se separa cada armazón 344 provista de tubos distribuidores 346 de la siguiente armazón con tubos distribuidores mediante una placa bipolar 360. El paquete 370 sin comprimir así formado se muestra en la Figura 6C.

Esta siguiente etapa supone comprimir el paquete 370 de tal manera que los tubos distribuidores 346 sean introducidos a presión de arriba abajo en el material 342 de electrodo como se muestra en la Figura 6D y se asegure una buena unión entre los componentes del paquete.

Como se muestra en la Figura 6D, en esta realización, en el paquete comprimido, los tubos distribuidores están embutidos sólo parcialmente en el material de electrodo, con lo que una superficie del tubo distribuidor indicada con el número de referencia 380 está en contacto con la placa bipolar y no está rodeada de material de electrodo.

El método de fabricación mostrado en las Figuras 6C y 6D se recomienda especialmente para realizaciones tales como la mostrada en la Figura 4, que comprende tubos distribuidores con forma serpenteante que serían más difíciles de montar utilizando el anterior método de fabricación aquí descrito.

Las Figuras 7A y 7B muestran un sistema y un método para comprimir y sellar un paquete de celdas de flujo en una batería de flujo. La batería puede comprender, por ejemplo, celdas de flujo con conjuntos de electrodo que tengan una construcción descrita en las realizaciones de la presente invención. El sistema utiliza una carcasa plástica cilíndrica 90 que encierra el paquete 92 y está provista de dos placas terminales 91 y 95, manteniendo la carcasa plástica cilíndrica y las placas terminales las celdas de flujo del paquete unidas, sellando al mismo tiempo todos los componentes del paquete. La carcasa plástica cilíndrica comprime el paquete en una dirección radial, mientras que las placas terminales comprimen el paquete en una dirección axial. Aunque la carcasa plástica cilíndrica 90 se muestra con una sección transversal interior circular, un experto en la técnica entenderá fácilmente que pueden realizarse modificaciones de tal sección transversal interior, siempre que la superficie interior de la carcasa plástica cilíndrica entre en contacto con las esquinas o los bordes del paquete. Además, aunque el paquete de celdas de flujo se muestre aquí con una forma cuadrada, otros paquetes pueden tener formas diferentes (por ejemplo, rectangular).

Las cuatro esquinas del paquete se sellan en relación con la superficie interior de la carcasa cilíndrica 90 con unas juntas herméticas 93, para crear cuatro compartimentos sellados 95A, 95B, 95C y 95D entre el paquete y la superficie interior de la carcasa plástica cilíndrica. Los compartimentos 95A y 95B representan, por ejemplo, los compartimentos de alimentación y, respectivamente, descarga de electrolito positivo, y los compartimentos 95C y 95D representan los compartimentos de alimentación y, respectivamente, descarga de electrolito negativo. Aunque este sistema de compresión funciona mejor con un paquete de celdas de flujo que comprenda electrodos que tengan una construcción como se ha descrito en la presente invención, también podría utilizarse con un paquete de celdas de flujo que tengan una construcción conocida en la técnica anterior. Este sistema de compresión es especialmente compatible con celdas de flujo que tengan un conjunto de electrodo donde los tramos de derivación de entrada/salida de celda estén creados mediante tubos distribuidores dentro del material de electrodo, como se muestra en las realizaciones aquí descritas en las que no es necesario alojar tales tramos de derivación de celda dentro del perímetro de la armazón de electrodo.

Los materiales de la carcasa plástica cilíndrica 90 y las placas terminales 91 y 95 del presente sistema de compresión tienen el mismo o aproximadamente el mismo coeficiente de dilatación térmica que el material de las armazones 94 de electrodo. Teniendo el mismo o aproximadamente el mismo coeficiente de dilatación térmica que las armazones, la carcasa plástica cilíndrica proporciona un buen cierre hermético en las esquinas del paquete a diversas

- 5 temperaturas de funcionamiento y, dado que tanto la carcasa plástica cilíndrica como las placas terminales tienen el mismo o aproximadamente el mismo coeficiente de dilatación térmica que las armazones, no es necesario utilizar varillas de unión y resortes, utilizados generalmente en la técnica anterior para compensar coeficientes de dilatación térmica diferentes al mismo tiempo que se mantiene la compresión de los paquetes de baterías de flujo. En el presente sistema de compresión, la compresión de las celdas de flujo permanece constante por encima de las temperaturas de almacenamiento y funcionamiento típicas del paquete, que pueden variar, por ejemplo, entre -40 y 70 grados.
- 10

Otra ventaja del presente sistema de compresión es que los cuatro compartimentos sellados formados entre la carcasa plástica cilíndrica y las armazones del paquete pueden contener cualesquier fugas internas entre las armazones del paquete o entre las armazones y otros componentes de las celdas de flujo (por ejemplo, separadores, placas bipolares, materiales de electrodo).

- 15 El sistema de compresión descrito anteriormente puede utilizarse para paquetes de baterías de flujo que generalmente requieren que actúe sobre las celdas de flujo del paquete una fuerza de compresión mucho menor que, por ejemplo, en las celdas de combustible.

- 20 El método para comprimir y sellar el paquete se muestra en la Figura 7B, que muestra cómo se desliza el paquete 92 dentro de la carcasa plástica cilíndrica 90 y el conjunto así formado se posiciona luego entre las placas terminales 91 y 95 y se ensambla.

- 25 Los tubos distribuidores de la presente invención pueden estar hechos de cualquier material no conductor que sea compatible con la química del electrolito. Por ejemplo, para una batería de flujo de vanadio, los tubos distribuidores pueden estar hechos de polipropileno (PP) o polietileno (PE), que son materiales de bajo coste y pueden sellarse fácilmente en los bordes de la armazón. Otros materiales para los tubos distribuidores pueden ser politetrafluoretileno (PTFE), fluoruro de polivinilideno (PVDF), etilvinilacetato (EVA), copolímeros de PE, PE de ultraalto peso molecular, poliuretano termoplástico, polietersulfona, policarbonato y aleaciones de policarbonato, sólo por mencionar algunos. Ejemplos de tubos comerciales que podrían utilizarse para la presente solicitud son los tubos porosos plásticos utilizados para sistemas de filtración industriales o médicos, tales como los producidos por Porex® o Parker TexLoc®.

- 30 En todas las realizaciones aquí presentadas, el material de electrodo es poroso, pero puede tener una porosidad uniforme en todo su volumen o la porosidad del material de electrodo puede variar, teniendo entonces ciertas zonas del material de electrodo una mayor porosidad que otras para estimular las reacciones electroquímicas en esas zonas.

- 35 En las realizaciones aquí descritas, los tubos distribuidores bien están embutidos por completo dentro del material de electrodo, lo que se interpreta con el significado de que los tubos distribuidores están completamente rodeados por material de electrodo como puede verse mejor en las Figuras 2A y 2B, bien pueden estar embutidos parcialmente dentro del material de electrodo, lo que se interpreta con el significado de que al menos parte de la superficie de un tubo no está rodeada por material de electrodo y, en un paquete montado, está expuesta a la placa bipolar, por ejemplo, y no al material de electrodo, como puede verse mejor en las Figuras 6B y 6C.

- 40 A lo largo de toda la divulgación, la armazón de electrodo se muestra con una forma rectangular con esquinas rectas. Un experto en la técnica entenderá fácilmente que, en otras realizaciones, las armazones de electrodo pueden tener otras formas, por ejemplo, una forma rectangular con esquinas redondeadas, etc. En algunas figuras, los materiales (por ejemplo, 42, 142, 242) de electrodo no se muestran como un material poroso, pero un experto en la técnica entenderá que se ha hecho así con el fin de simplificar los dibujos y que en todas las figuras se supone que los materiales porosos de electrodo se muestran como el material 342 de electrodo de la Figura 6D.

- 45 En todas las realizaciones aquí descritas, el separador que separa el conjunto de electrodo negativo y el conjunto de electrodo positivo en una celda de flujo o un paquete de baterías puede ser bien un separador microporoso, bien una membrana de intercambio iónico.

- 50 En todas las realizaciones aquí descritas, las placas bipolares que separan los electrodos no están provistas de armazones ni/o de características para hacer circular, guiar o regular el flujo de electrolito como se describe en algunos documentos de la técnica anterior, dado que la circulación de electrolito se logra a través de los tubos distribuidores embutidos por completo o parcialmente en el material de electrodo. Las placas bipolares mostradas en la presente invención tienen sólo la función de separar los tubos distribuidores y/o los electrodos, siendo al mismo tiempo conductoras de la electricidad.

- 55 Un ejemplo de una batería de flujo según la presente invención es una batería de flujo de vanadio que es una batería de flujo recargable que emplea iones de vanadio en diferentes estados de oxidación para almacenar energía de potencial químico.

Las ventajas de la presente invención consisten en que los conjuntos de electrodo que tienen una construcción aquí descrita proporcionan una distribución mejorada de electrolito a través del material de electrodo con una baja caída

de presión y proporcionan un control de corriente derivada sin requerir material o área de armazón adicional para alojar tramos de derivación prolongados. Los presentes conjuntos de electrodo son fáciles de fabricar, no requieren una alta tolerancia de posicionamiento y/o unión de los electrodos en relación con los canales de distribución de electrolito, no requieren una unión o conexión permanente de la placa bipolar a la armazón plástica de la celda como
5 en la técnica anterior y, en su lugar, utilizan materiales de menor coste y técnicas de fabricación adecuadas para la fabricación en grandes cantidades. Además, en el diseño divulgado en la presente invención, el caudal de electrolito y la velocidad de reacción pueden aumentarse gracias al posicionamiento y el diseño de los tubos distribuidores dentro del material de electrodo, y las características del electrodo (porosidad, distribución de electrolito, etc.) pueden modificarse para lograr un mayor rendimiento energético y una mayor densidad de corriente que las soluciones
10 conocidas en la técnica anterior.

Aunque se han mostrado y descrito elementos, realizaciones y aplicaciones concretos de la presente invención, se entenderá, por supuesto, que la invención no está limitada a éstos, dado que los expertos en la técnica pueden realizar modificaciones sin apartarse del alcance de la presente divulgación, en particular a la luz de las enseñanzas anteriores. Tales modificaciones deben considerarse dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de electrodo para una batería de flujo, que comprende:

- un material poroso de electrodo;
 - una armazón que rodea el material poroso de electrodo;
- 5 - al menos un primer tubo distribuidor embutido al menos parcialmente en el material poroso de electrodo, teniendo el primer tubo distribuidor una entrada para alimentar electrolito al material poroso de electrodo; y
- 10 - al menos un segundo tubo distribuidor embutido al menos parcialmente en el material poroso de electrodo, teniendo el segundo tubo distribuidor una salida para descargar electrolito del material poroso de electrodo, en donde la armazón y los tubos distribuidores están hechos de un material plástico que no conduce la electricidad.

2. El conjunto de electrodo de la reivindicación 1, en donde los tubos distribuidores primero y segundo se extienden entre un primer lado de la armazón y un segundo lado de la armazón, más allá del punto medio entre los dos lados de la armazón.

3. El conjunto de electrodo de la reivindicación 1,

- 15 en donde el primer tubo distribuidor tiene una salida sellada en la armazón y el segundo tubo distribuidor tiene una entrada sellada en la armazón,
- en donde los tubos distribuidores primero y segundo son tubos huecos, cada uno con un paso interior de flujo y una pared que rodea el paso interior, y
- 20 en donde la pared de los tubos huecos está hecha de un material sólido provisto de agujeros o un material poroso para permitir que fluya electrolito a través de la pared del tubo distribuidor al material poroso de electrodo.

4. El conjunto de electrodo de la reivindicación 1, en donde el primer tubo distribuidor tiene una salida abierta en el material poroso de electrodo y el segundo tubo distribuidor tiene una entrada abierta en el material poroso de electrodo.

5. El conjunto de electrodo de la reivindicación 4,

- 25 en donde el primer tubo distribuidor y el segundo tubo distribuidor son tubos huecos, cada uno con un paso interior de flujo y una pared que rodea el paso interior,
- aplicándose uno de los siguientes:
- la pared de al menos uno de los tubos huecos está hecha de un material sólido o un material poroso para permitir la distribución de electrolito dentro del material poroso de electrodo, o
- 30 - la pared de cada tubo hueco está hecha de un material sólido provisto de al menos un agujero para permitir la distribución de electrolito dentro del material poroso de electrodo.

6. El conjunto de electrodo de la reivindicación 1, en donde los tubos distribuidores primero y segundo son tubos huecos que tienen cada uno un paso interior de flujo y una pared que rodea el paso interior, en donde el paso interior de flujo de al menos uno de los tubos distribuidores primero o segundo está hecho de un material poroso que tiene una porosidad mayor que la porosidad de la pared.

7. El conjunto de electrodo de la reivindicación 1,

- en donde al menos uno de los tubos distribuidores primero o segundo tiene una sección transversal circular o triangular, o
- 40 en donde al menos uno de los tubos distribuidores primero o segundo está embutido parcialmente o por completo dentro del material poroso de electrodo.

8. El conjunto de electrodo de la reivindicación 1, en donde al menos uno de los tubos distribuidores primero o segundo es un tubo hueco que tiene una forma serpenteante y una pared del tubo hueco está hecha de un material poroso o un material sólido provisto de al menos un agujero para permitir la distribución de electrolito dentro del material poroso de electrodo.

- 45 9. El conjunto de electrodo de la reivindicación 1, que comprende una pluralidad de primeros y segundos tubos distribuidores que están distribuidos uniformemente por el área del material poroso de electrodo o que tienen áreas de flujo en sección transversal iguales.

10. El conjunto de electrodo de la reivindicación 1, en donde la longitud del primer tubo distribuidor es igual a la longitud del segundo tubo distribuidor, o en donde los tubos distribuidores primero y segundo están hechos de polietileno o polipropileno.

11. Una batería de flujo, que comprende al menos una celda de flujo que comprende:

- 5 - un conjunto de electrodo negativo y un conjunto de electrodo positivo,
 - un separador que separa el conjunto de electrodo positivo y el conjunto de electrodo negativo, y
 - una primera y una segunda placas bipolares, siendo cada placa bipolar adyacente a un conjunto de electrodo respectivo,
- 10 en donde al menos unos de los conjuntos de electrodo negativo o positivo es un conjunto de electrodo de la reivindicación 1.

12. Una batería de flujo que comprende un paquete de celdas de flujo que tienen un conjunto de electrodo de la reivindicación 1, estando el paquete de celdas de flujo encerrado en una carcasa plástica cilíndrica provista de dos placas terminales, en donde la carcasa plástica cilíndrica y las dos placas terminales están hechas de un material que no conduce la electricidad y mantienen unidas las celdas de flujo y las comprimen en una dirección radial y una dirección axial.

13. La batería de flujo de la reivindicación 12,

en donde el material de la carcasa plástica cilíndrica y de las placas terminales tiene aproximadamente el mismo coeficiente de dilatación térmica que el material de las armazones, o

20 en donde el paquete de celdas de flujo tiene una forma exterior rectangular con sus esquinas conectadas a la superficie interior de la carcasa plástica cilíndrica para crear cuatro compartimentos entre el paquete y la carcasa plástica cilíndrica, o

25 en donde las esquinas del paquete están conectadas a la superficie interior de la carcasa plástica cilíndrica a través de juntas herméticas con el fin de crear cuatro compartimentos sellados entre el paquete y la carcasa plástica cilíndrica, dos compartimentos para hacer fluir un electrolito positivo a través de los mismos y otros dos compartimentos para hacer fluir un electrolito negativo a través de los mismos.

14. Un método para fabricar un conjunto de electrodo para una batería de flujo, que comprende las etapas de:

- posicionar un material poroso de electrodo dentro de una armazón;
- insertar agujas posicionadoras a través de agujeros, previstos en la armazón que rodea el material poroso de electrodo, y en el material poroso de electrodo;
- 30 - deslizar tubos distribuidores a través de los agujeros previstos en la armazón y a través de agujeros previstos en el material poroso de electrodo insertando las agujas posicionadoras dentro del material poroso de electrodo, para así posicionar los tubos distribuidores al menos parcialmente dentro del material poroso y en relación con la armazón, estando la armazón y los tubos distribuidores hechos de un material plástico que no conduce la electricidad; y
- 35 - sellar los tubos distribuidores dentro de los agujeros de la armazón, comprendiendo el método además opcionalmente sellar los extremos de al menos un tubo distribuidor para impedir que fluya electrolito a través de su entrada o salida.

15. Un método para fabricar un conjunto de electrodo para una batería de flujo, que comprende las etapas de:

- a. fijar tubos distribuidores a una armazón de electrodo,
- 40 estando la armazón de electrodo y los tubos distribuidores hechos de un material plástico que no conduce la electricidad;
- b. posicionar un material poroso de electrodo al lado de la armazón de electrodo sobre los tubos distribuidores; y
- c. 45 comprimir la armazón de electrodo, los tubos distribuidores y el material poroso de electrodo para embutir al menos parcialmente los tubos distribuidores dentro del material poroso de electrodo.

16. Un método para fabricar un paquete de baterías de flujo, que comprende las etapas de:

- a. fijar tubos distribuidores a una armazón de electrodo,

- estando la armazón de electrodo y los tubos distribuidores hechos de un material plástico que no conduce la electricidad;
- 5 b. posicionar sucesivamente unos sobre otros una armazón de electrodo con tubos distribuidores, un material poroso de electrodo, un separador, otro material poroso de electrodo, otra armazón de electrodo con tubos distribuidores;
 - c. repetir las etapas a) y b) hasta que se haya alcanzado un número deseado de celdas de flujo en el paquete; y
 - d. comprimir un paquete de componentes formado en las etapas a) a c) para embutir al menos parcialmente los tubos distribuidores dentro del material poroso de electrodo,
- 10 comprendiendo el método además opcionalmente sellar los extremos de al menos un tubo distribuidor para impedir que fluya electrolito a través de su entrada o salida.

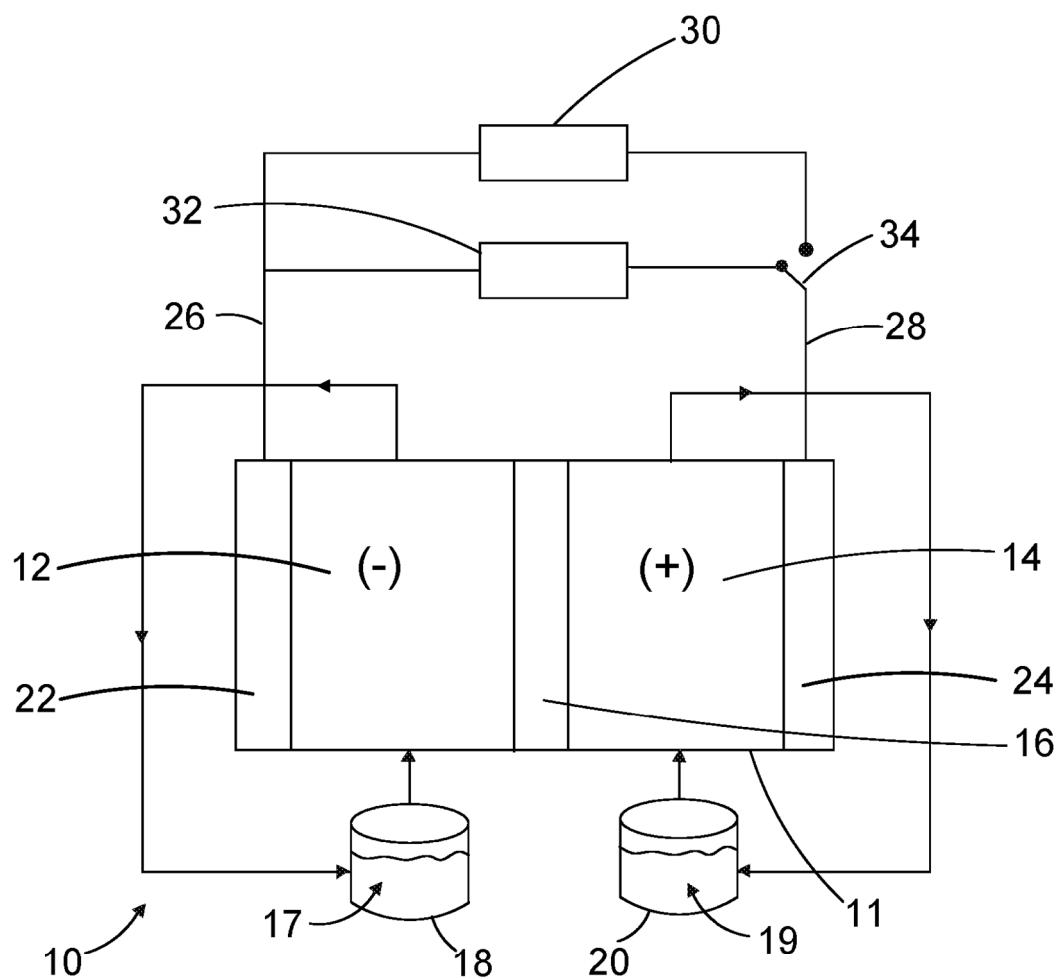


Figura 1

Técnica anterior

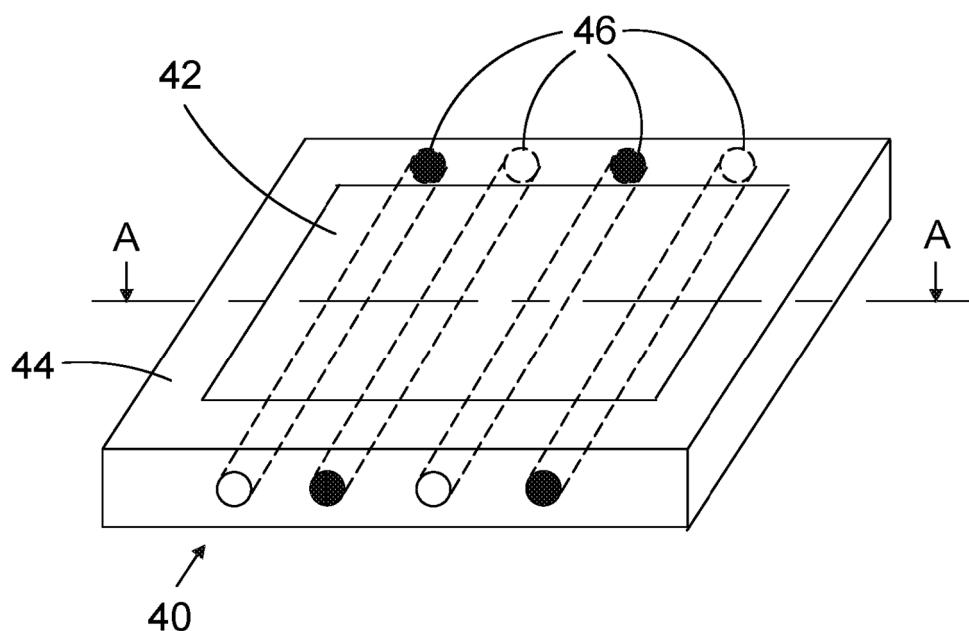


Figura 2A

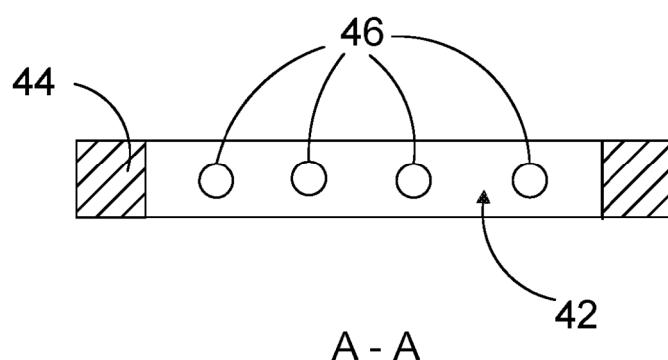


Figura 2B

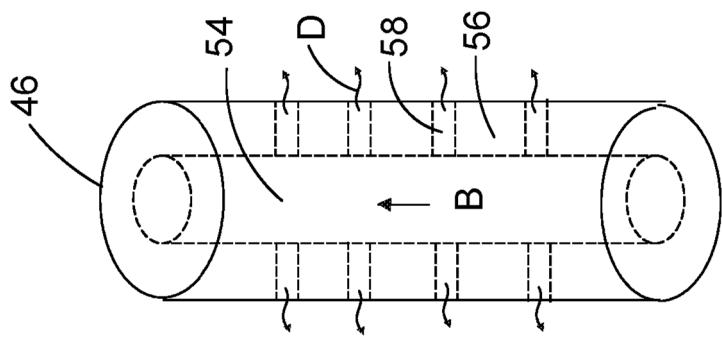


Figura 2D

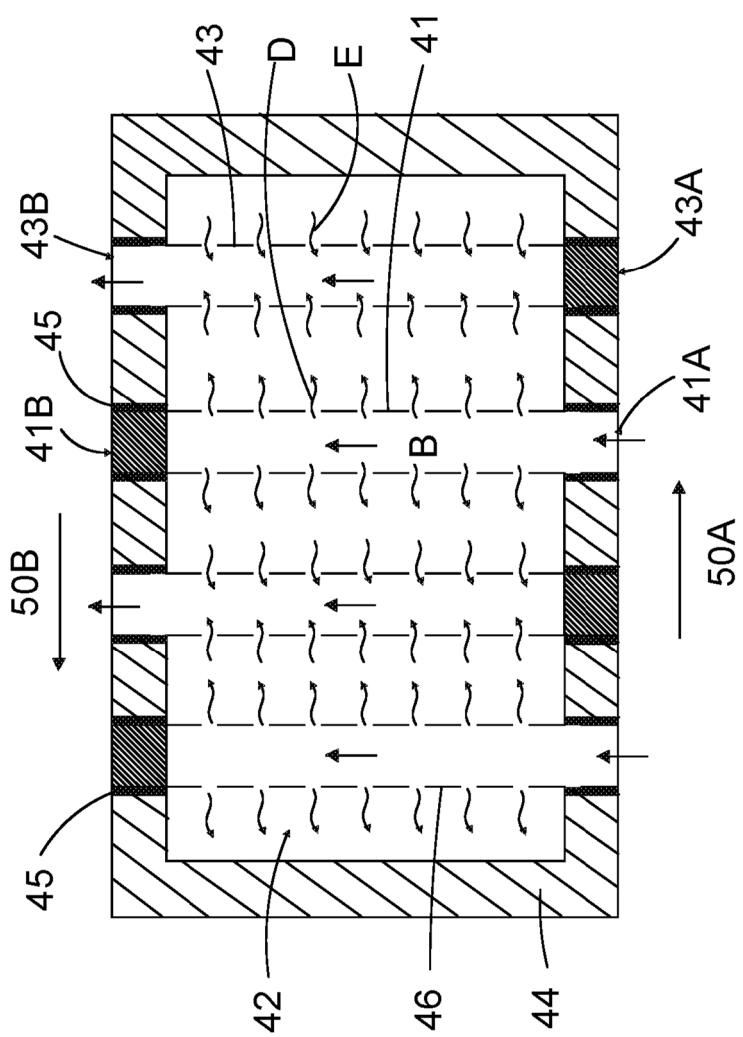


Figura 2C

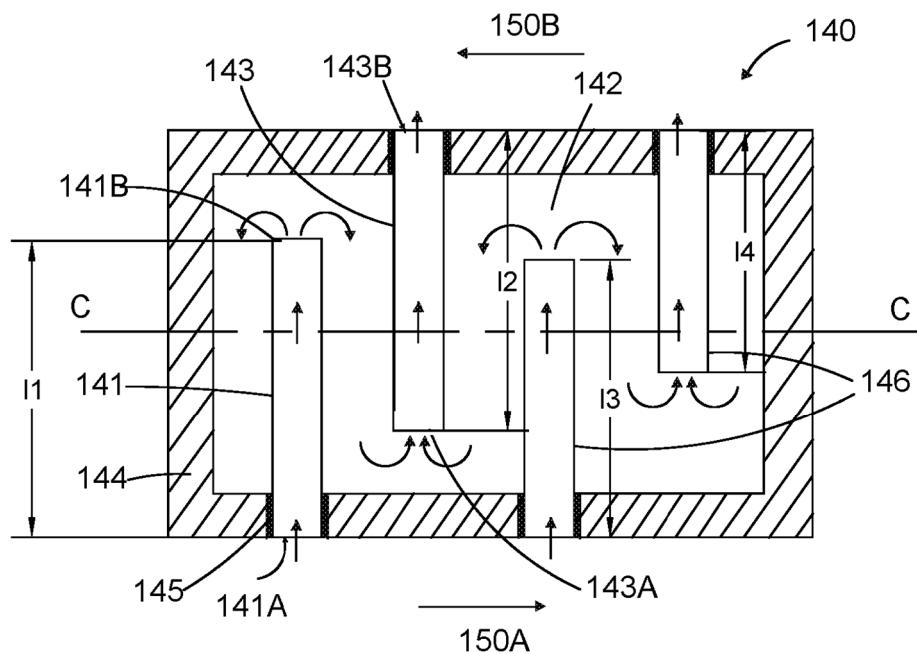


Figura 3

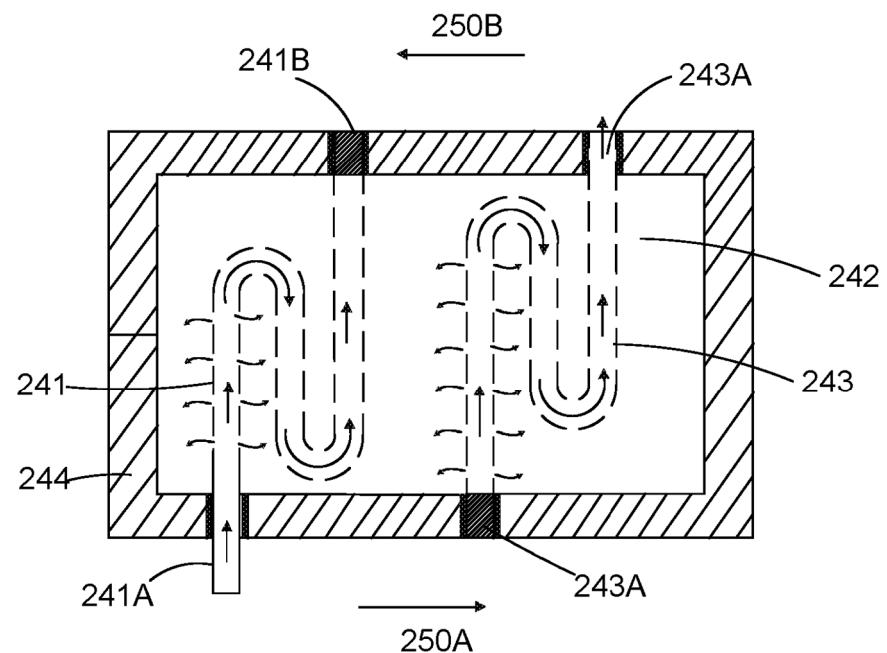


Figura 4

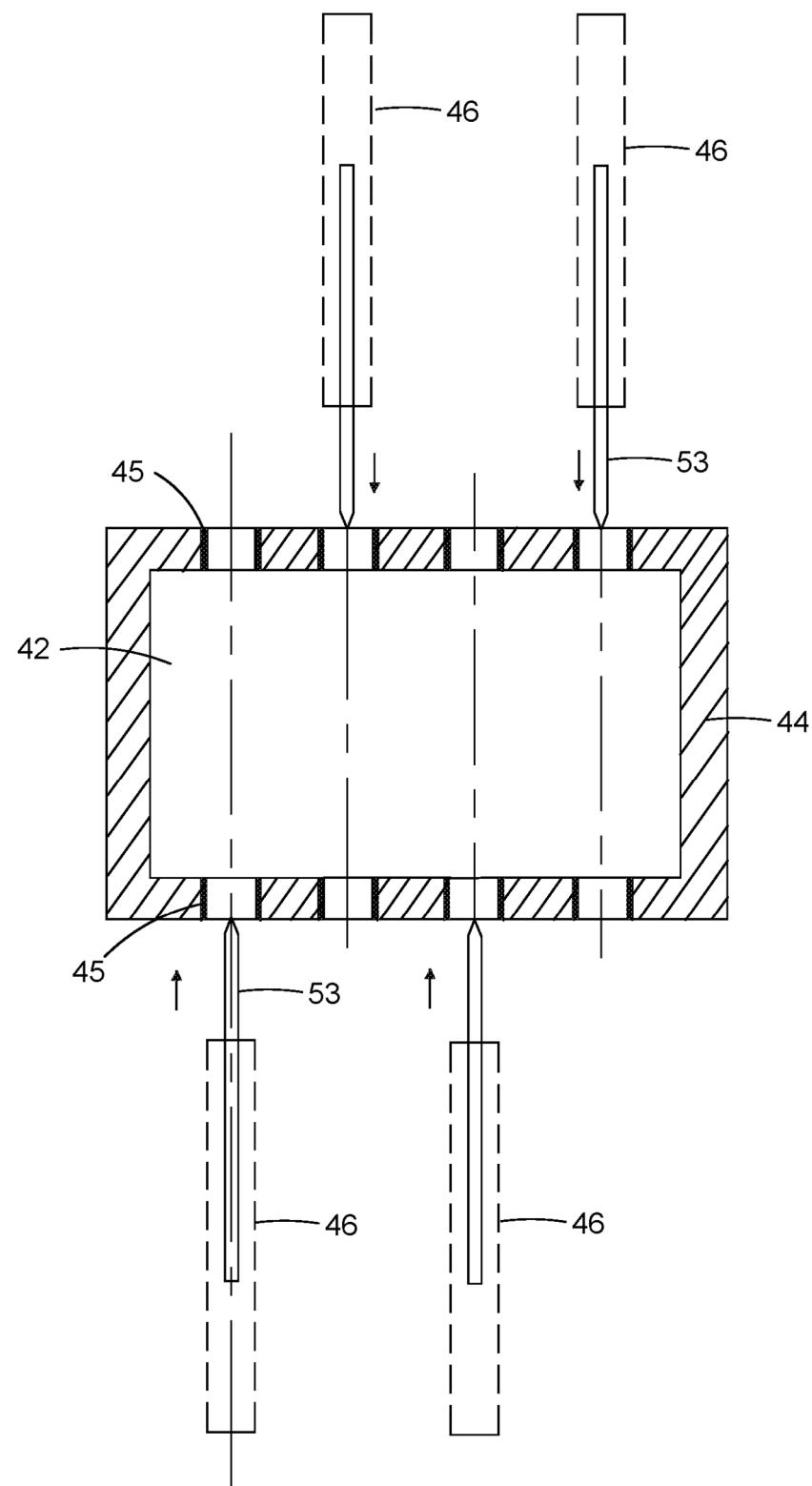


Figura 5

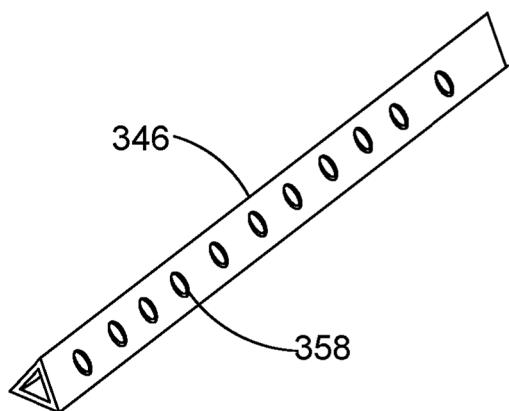


Figura 6A

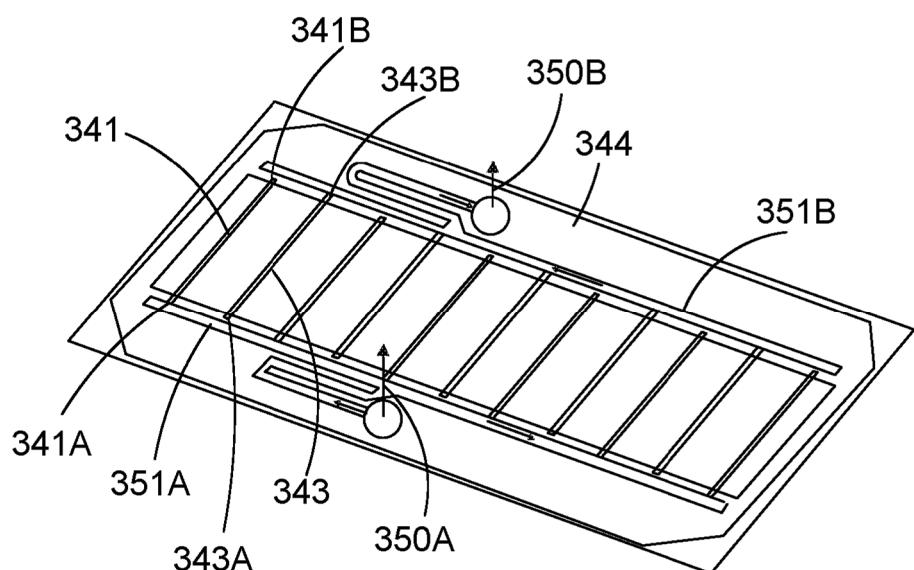


Figura 6B

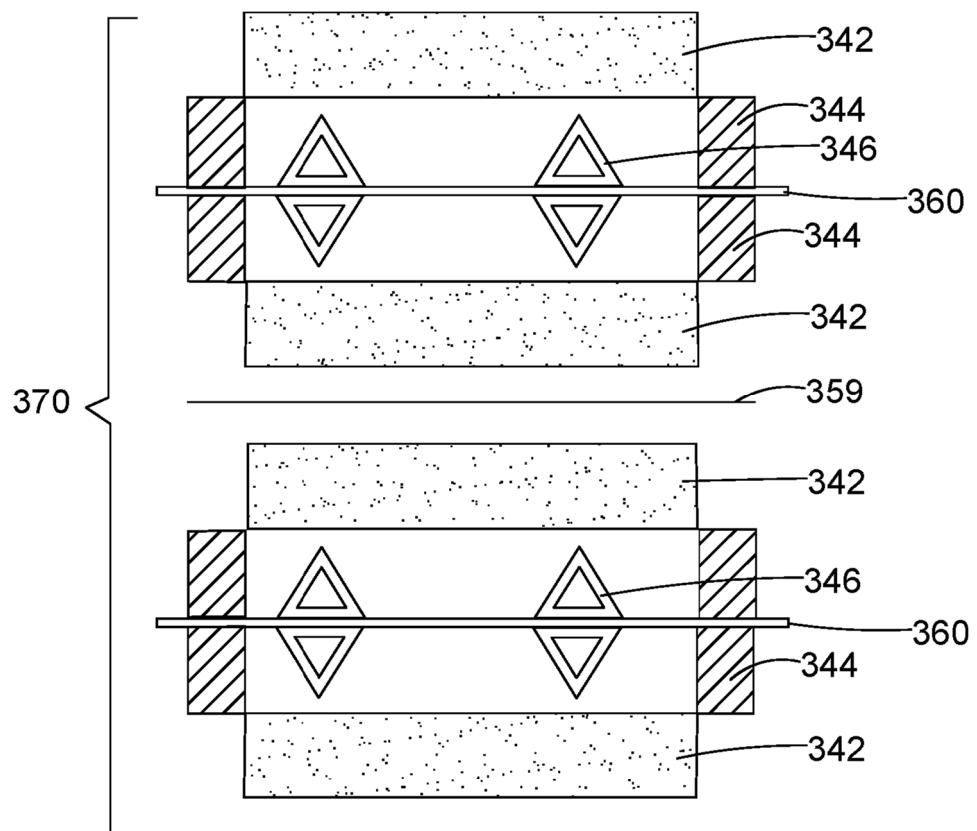


Figura 6C

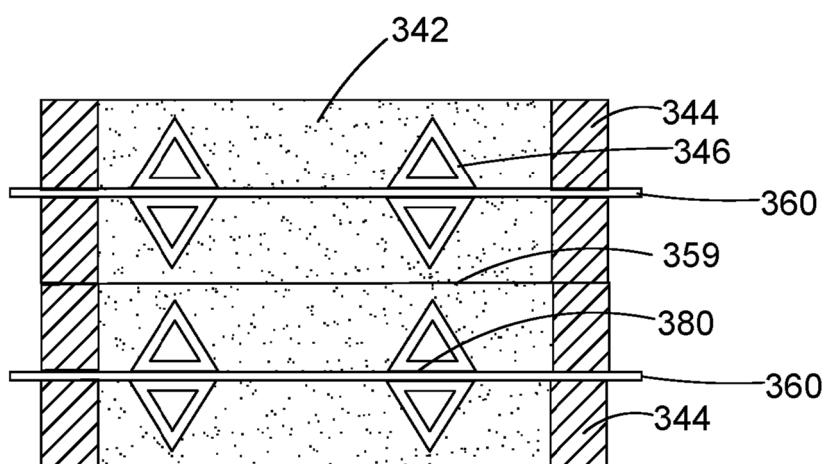


Figura 6D

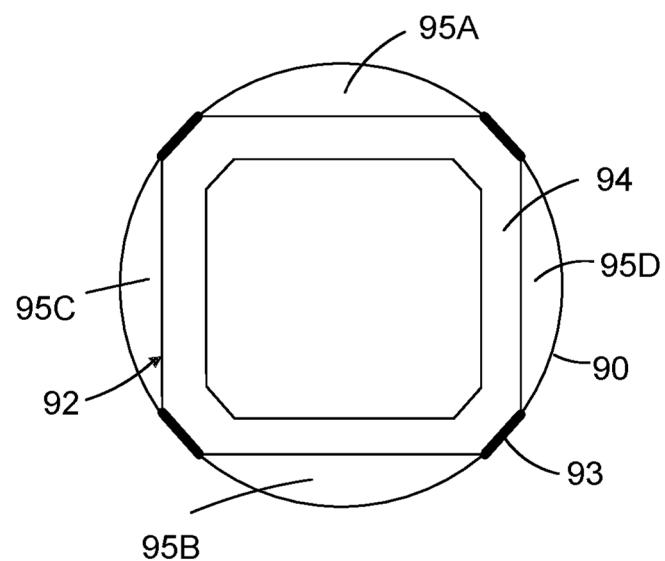


Figura 7A

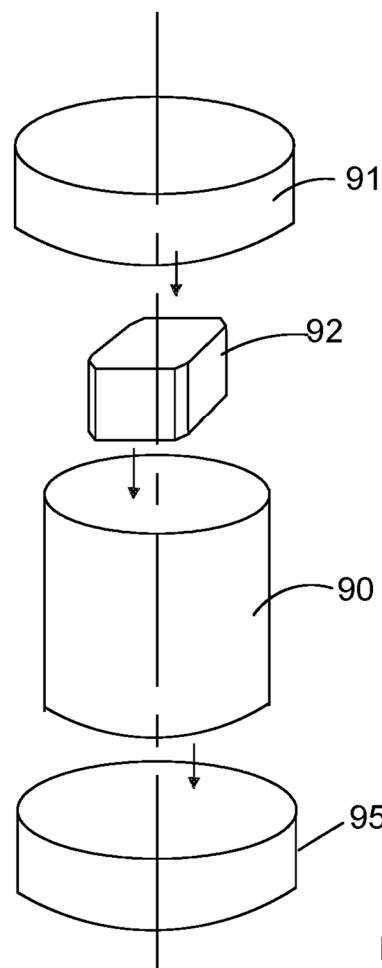


Figura 7B