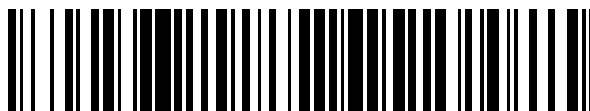


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 407 480**

51 Int. Cl.:

B01D 61/48 (2006.01)

C02F 1/469 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.12.2008** **E 08291263 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2013** **EP 2208523**

54 Título: **Dispositivo de electrodesionización con separación hidrodinámica de flujo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.06.2013

73 Titular/es:

EMD MILLIPORE CORPORATION (100.0%)
290 CONCORD ROAD
BILLERICA, MA 01821, US

72 Inventor/es:

GRABOWSKI, ANDREJ

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 407 480 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

Dispositivo de electrodesionización con separación hidrodinámica de flujo.

5 La presente invención está relacionada con un dispositivo de electrodesionización (EDI) especializado. Tales dispositivos se emplean para la producción de un líquido desionizado a partir de una corriente de alimentación de líquido.

10 En esta solicitud de patente, el término "desionizado" significa "desanionizado", "descationizado", o "completamente desionizado" (es decir, desanionizado y descationizado).

15 La electrodesionización continua, o simplemente electrodesionización (EDI) es conocida en la técnica como un proceso que elimina las especies ionizadas e ionizables de líquidos, tales como agua, usando medios eléctricamente activos y una diferencia de potencial eléctrico que afecta el transporte de iones. La EDI se relaciona actualmente con técnicas estándar de desionización de agua. Su principio principal, es decir, el uso de un lecho mixto de resina de intercambio de iones en el compartimento de diluido de una pila de electrodiálisis fue comercializado por la Millipore Corporation en 1987.

20 En una de las primeras invenciones relacionadas con la EDI, se reivindican no sólo un lecho mixto en el compartimento de diluido, sino también capas de una resina de intercambio de cationes y de una resina de intercambio de aniones alineadas con la dirección de flujo y dirigidas normalmente al campo eléctrico (paralelo a las membranas de intercambio de iones), o capas alternantes o grupos alineados con el campo eléctrico y dirigidos normalmente al flujo. Tales orientaciones estaban destinadas a evitar uniones inversas, presentes en el lecho mixto, y, por lo tanto, mejorar el rendimiento de la desionización. Los grupos o capas de resinas de intercambio de iones proporcionan un trayecto de migración para los iones regenerativos, mantienen las resinas regeneradas y pueden eliminar los iones del agua de alimentación. En comparación con la EDI con lecho mixto, los lechos agrupados o estratificados han disminuido la resistencia eléctrica del compartimento de diluido y mejorado el rendimiento de desionización, especialmente en lo que se refiere a los electrolitos débilmente disociados.

25 La utilización de una resina de intercambio de cationes y de una resina de intercambio de aniones en compartimentos de diluido completamente separados, regeneradas electroquímicamente en un modo continuo, también es conocido. En ciertos esquemas, la solución acuosa de alimentación circula a través del lecho de resina de intercambio de cationes y de resina de intercambio de aniones en serie y los iones H^+ y OH^- producidos en las reacciones en los electrodos se utilizan para la regeneración de las resinas. El uso de membranas bipolares para la generación de los iones H^+ y OH^- , requeridos para regenerar las resinas de intercambio de iones en la EDI con lechos separados también se ha descrito. La "membrana bipolar" es generalmente una membrana sintética no porosa de intercambio de iones que contiene dos capas de intercambio de iones con cargas opuestas, en contacto una con la otra.

30 En ambos casos, en el uso de reacciones en electrodos o de una membrana bipolar para la generación de H^+ y OH^- , la cantidad de iones regenerativos producidos está determinada por la intensidad de la corriente y no depende de las propiedades de los materiales de intercambio de iones. En comparación con un lecho mixto en un compartimento de diluido de EDI, los lechos separados no tienen uniones inversas y muestran una mejor eliminación de electrolitos débilmente disociados.

35 En los métodos conocidos de EDI y en los dispositivos relacionados con la regeneración electroquímica de material de intercambio de iones, el flujo de líquido se alimenta y se descarga de cada compartimento por separado o se distribuye entre los compartimentos paralelos de un módulo a través del colector común dispuesto fuera de los compartimentos. El líquido típico utilizado como alimentación es agua pretratada, tal como permeado de ósmosis inversa.

40 En los dispositivos comerciales de EDI, la dirección general del flujo del líquido es tangencial a la superficie de una membrana de intercambio de iones o de un electrodo. Sin embargo, algunas divulgaciones tratan con dispositivos en los que la dirección general del flujo del líquido es completamente o parcialmente normal a la superficie de los electrodos, como por ejemplo en las solicitudes de patente de Estados Unidos US 2003/0213695 y US 2006/0231403.

45 La figura 1 es una representación esquemática de un dispositivo 100 descrito en la técnica anterior, es decir, basado en la figura 6 de la solicitud de patente de Estados Unidos número 2006/0231403.

50 El dispositivo 100 se utiliza para la eliminación de aniones y cationes de una corriente de agua que contiene aniones y cationes contaminantes. El dispositivo 100 consta de un alojamiento que comprende un cátodo 111 y un ánodo 109. El cátodo 111 está conectado eléctricamente a un lado (-) 113 de un generador. El ánodo 109 está conectado eléctricamente a un lado (+) 112 de un generador. Un campo eléctrico es generado entre los electrodos 111 y 109. El alojamiento contiene cinco compartimentos, que son: una cámara 110 de cátodo, una cámara 102 de agotamiento

de cationes, una cámara central 103 de agotamiento de aniones y cationes, una cámara 101 de agotamiento de aniones y una cámara 108 de ánodo.

5 Estos compartimentos 110, 102, 103, 101 y 108 están divididos dentro del alojamiento por dos membranas 106 y 107 de intercambio de cationes, y dos membranas 105 y 104 de intercambio de aniones. La membrana 106 de intercambio de cationes cierra la cámara 110 de cátodo, y está cerca del cátodo 111. La membrana 104 de intercambio de aniones cierra la cámara 108 de ánodo, y está cerca del ánodo 109. La cámara central 103 de agotamiento de aniones y cationes está dividida por la membrana 107 de intercambio de cationes en el lado de la cámara 102 de agotamiento de cationes y por la membrana 105 de intercambio de aniones en el lado de la cámara 101 de agotamiento de aniones.

15 La cámara 102 de agotamiento de cationes está llena homogéneamente con una resina de intercambio de cationes, que retiene los cationes del flujo de líquido que pasa a través de la misma. La cámara 101 de agotamiento de aniones está llena homogéneamente con una resina de intercambio de aniones que retiene los aniones del flujo de líquido que pasa a través de la misma. La resina de intercambio de aniones y la resina de intercambio de cationes son regeneradas continuamente.

20 La cámara central de agotamiento 103 de aniones y cationes es heterogénea, es decir, está llena con un lecho mixto de resina de intercambio de aniones y de cationes. En esta cámara central 103 se realiza la producción de iones hidronio H_3O^+ (que se indicarán en lo que sigue como H^+) e iones hidróxido OH^- . El OH^- migra a través de la membrana 105 de intercambio de aniones en la cámara 101 de agotamiento de aniones en la que se regenera la resina de intercambio de aniones mediante la sustitución de los aniones capturados del flujo, que migran hacia el ánodo 109. El H^+ migra a través de la membrana 107 de intercambio de cationes en la cámara de agotamiento de cationes 102 en la que se regenera la resina de intercambio de cationes mediante la sustitución de los cationes capturados del flujo, que migran hacia el cátodo 111.

30 Una corriente 122 de enjuague de electrodos entra en la cámara 108 de ánodo, se desplaza tangencialmente hacia el ánodo 109, y se descarga en una corriente 120 aparentemente en el mismo lado que la conexión de entrada de la corriente 114. La corriente 120 entra en la cámara 110 de cátodo, se desplaza tangencialmente al cátodo 111, y se descarga en una corriente 121 de enjuague de electrodos aparentemente en el mismo lado que la conexión de entrada de la corriente 115.

35 El alojamiento tiene una conexión de entrada para la corriente de agua 114 de entrada en la cámara 101 de agotamiento de aniones en una localización cercana a la membrana 104 de intercambio de aniones. La corriente de agua 101 circula en contracorriente a la migración de los aniones. El agua 115 agotada en aniones se descarga por una conexión de salida situada cerca de la membrana 105 de intercambio de aniones, y además entra en la cámara 102 de agotamiento de cationes cerca de la membrana 106 de intercambio de cationes. Este agua 115 agotada en aniones circula en contracorriente a la migración de los cationes. De esta manera, un agua 116 agotada en aniones y cationes se descarga por una conexión de salida situada cerca de la membrana 107 de intercambio de cationes. Este agua 116 agotada en aniones y cationes circula a través de la cámara 103 de agotamiento de aniones y cationes tangencialmente a las membranas 105 y 107 de intercambio de iones, y el agua de producto completamente desionizada 117 sale del dispositivo 100.

45 Se reivindica que un dispositivo con dirección de flujo normal a los electrodos, es decir, dirigida en contracorriente a la migración de los iones, tiene una mayor eficiencia de corriente y podría resultar en un mejor rendimiento de desionización, ventajosamente en los dispositivos de EDI con flujo tangencial para las membranas de intercambio de iones y normal al campo eléctrico.

50 En general las descripciones de la técnica anterior de los dispositivos de EDI con el flujo de líquido dirigido normal a la superficie de los electrodos tienen los siguientes "inconvenientes", que pueden ser mitigados:

- 55 ○ la unidad contiene pocos compartimentos, estando provisto cada uno de ellos de su propia conexión de entrada y conexión de salida, y al menos dos corrientes de alimentación separadas, una para la desionización y una para el enjuague de compartimentos de concentrados por ejemplo, de electrodos. De esta manera, el dispositivo 100 como se ha descrito más arriba es relativamente complejo, debido a que requiere cuatro membranas de intercambio de iones que definen cinco compartimentos dentro del dispositivo.
- 60 ○ en los dispositivos que utilizan el límite entre la membrana de intercambio de iones y la resina para proporcionar una mayor disociación del agua mejorada electroquímicamente, la intensidad de generación de H^+ y de OH^- con una diferencia de potencial dada depende de las propiedades de ambos materiales y del área de la superficie de contacto entre las mismas, que puede variar en gran medida con las condiciones.
- en el lecho mixto las uniones inversas entre las perlas reduce la eficiencia y la capacidad de eliminación de iones.

65 La solicitud de patente PCT WO 2006/062176 describe un aparato eléctrico para la producción de líquido desionizado que comprende una región de desalinizado llena con un intercambiador de iones, regiones de

permeación de líquidos dispuestas adyacentes a los lados de eliminación de iones de la región de desalinizado y adaptadas para hacer que una porción de un líquido a tratar pase a su través, estando dispuestos los electrodos en ambos lados de las regiones de permeación del líquido y de la región de desalinizado, un tubo de admisión para el líquido a tratar, cámaras de electrodos adaptadas para descargar cualquier líquido que ha permeado en las regiones de permeación de líquido y un tubo de descarga para descargar un líquido desalinizado de la región de desalinizado.

La solicitud de patente PCT WO 98/51621 describe un sistema para el tratamiento de un material de intercambio de iones. Este sistema comprende dos regiones adyacentes de un material de intercambio entre un ánodo y un cátodo, estando en contacto eléctrico las dos regiones y estando separadas por una interfaz permeable específica no iónica.

La solicitud de patente PCT WO 2008/130579 describe un aparato para la electrodesionización usando al menos dos cámaras en capas, una con un lecho de cationes, la otra con un lecho de aniones. La posibilidad de utilizar un material compuesto de intercambio de aniones y de cationes se describe en una realización (figura 8, párrafos [00168] a [00172])

Por lo tanto existe todavía una necesidad de un dispositivo de EDI simple, eficiente y efectivo en costos. En consecuencia y ventajosamente, la presente invención describe métodos y dispositivos que pueden abordar uno o más de los problemas que se han discutido más arriba.

El objeto de la invención es el dispositivo de las reivindicaciones 1 a 3.

Además del método y el dispositivo utilizados para la eliminación de aniones o cationes, en la invención se describen un método y un dispositivo para la desionización completa de un líquido, que utilizan material de intercambio de iones regenerado electroquímicamente y una membrana bipolar como fuente de iones H^+ y OH^- , proporcionando un flujo de líquido dirigido en contracorriente a la electromigración de iones en el material de intercambio de iones. En la presente invención, se describe un nuevo método de distribución de flujo, en el que la corriente de líquido es dividida en el interior del propio compartimento en una primera corriente utilizada para la eliminación de iones y una segunda corriente de concentrado utilizada para enjuagar los iones eliminados. Las velocidades de flujo en las corrientes están preferentemente reguladas por un ajuste hidrodinámico de las caídas de presión en las corrientes de salidas. La invención resulta en una disposición más simple del dispositivo y en un ahorro de material, es decir, se necesitan menos o ninguna membranas de intercambio de iones para separar los compartimentos. Estas y otras ventajas se consiguen de acuerdo con la presente invención como se describe a continuación.

La invención describe un método para la eliminación de iones de un líquido polar, que comprende al menos un proceso en el que:

- el citado líquido polar es dividido en una primera corriente y en una segunda corriente,

- o la citada primera corriente pasa a través de un material de intercambio de iones, regenerable electroquímicamente, situado donde se aplica un campo eléctrico entre dos electrodos, circulando la citada primera corriente desde uno de los electrodos al otro de los electrodos de manera que los iones a ser eliminados migran en la dirección inversa al primer flujo de corriente a través del citado material de intercambio de iones,
- o la citada segunda corriente enjuaga el citado uno de los electrodos o una membrana de intercambio de iones, y

- el citado material es regenerado por los iones que se forman en el otro de los electrodos o en una membrana de intercambio de iones.

De acuerdo con la invención, la citada primera corriente que circula desde uno de los electrodos al otro de los electrodos puede ser detenida por una membrana de intercambio de iones, por ejemplo, una membrana bipolar, antes de alcanzar el otro de los electrodos.

De acuerdo con la invención, una membrana de intercambio de iones es generalmente una membrana de intercambio de aniones o una membrana de intercambio de cationes o una membrana bipolar. Preferiblemente, la membrana de intercambio de iones es una membrana bipolar.

De acuerdo con la invención, el enjuague del uno de los electrodos es obligatorio y el enjuague del otro de los electrodos, o contraelectrodo, es opcional.

Preferiblemente, la segunda corriente enjuaga uno de los electrodos pasando tangencialmente al citado electrodo y / o a través del citado electrodo.

En una variante, una tercera corriente enjuaga el otro de los electrodos pasando tangencialmente al citado electrodo y / o a través del citado electrodo.

De acuerdo con una implementación preferida, al menos una de las corrientes utilizadas para enjuagar uno de los electrodos pasa a través de una membrana antes de pasar tangencialmente al, y / o a través del, citado electrodo. La membrana es preferiblemente una membrana de intercambio de iones, que generalmente es no porosa. La membrana puede ser una membrana porosa.

5 Existe un campo eléctrico aplicado entre los electrodos. Los electrodos pueden estar orientados uno hacia el otro.

La invención comprende también un método en el que:

- 10 - dos de los citados procesos se utilizan para eliminar aniones y cationes, respectivamente, por medio de un material de intercambio de aniones regenerable electroquímicamente y un material de intercambio de cationes regenerable electroquímicamente, y
- se utilizan medios para proporcionar una fuente de aniones OH^- y cationes H^+ regenerativos, respectivamente, para el material de intercambio de aniones y para el material de intercambio de cationes.

15 Preferiblemente, los dos procesos se realizan simultáneamente.

El método de acuerdo con la invención puede ser tal que el flujo de líquido es regulado por ajuste hidrodinámico de las caídas de presión en al menos una, preferiblemente en todas las corrientes de salida.

20 Las corrientes de salida son las corrientes que circulan en las conexiones de salida, y las corrientes de entrada son las corrientes que circulan en las conexiones de entrada.

La invención también describe un dispositivo para la eliminación de iones de un líquido polar en el que el dispositivo comprende al menos un alojamiento que contiene al menos un compartimento y en el que un electrodo y un contraelectrodo están situados en dos extremos diferentes del dispositivo, en el que un material de intercambio de iones regenerable electroquímicamente se dispone entre el electrodo y el contraelectrodo, comprendiendo el alojamiento una conexión de entrada para un flujo de líquido de entrada, estando situada la citada conexión de entrada en el extremo de electrodo del dispositivo, y una conexión de salida para un líquido desionizado, estando situada la citada conexión de salida en el extremo de contraelectrodo del dispositivo o en un extremo de membrana de intercambio de iones del dispositivo, siendo preferentemente la citada membrana de intercambio de iones una membrana bipolar, el dispositivo **se caracteriza porque** comprende medios para dividir el flujo de líquido de entrada y porque hay al menos una segunda conexión de salida para un líquido utilizado para enjuagar el electrodo, estando situada la citada segunda conexión de salida en el extremo de electrodo del dispositivo.

35 El hecho de que un material de intercambio de iones regenerable electroquímicamente se disponga entre el electrodo y el contraelectrodo no significa necesariamente que este material llene completamente el espacio entre los electrodos. Este material generalmente llena una zona entre los electrodos, por ejemplo, una zona comprendida entre uno de los electrodos y una membrana de intercambio de iones situada entre los electrodos. La zona puede ser este volumen de espacio o sólo una parte del mismo.

De acuerdo con la invención, la conexión de entrada y la segunda conexión de salida situada en el extremo de electrodo están cerca una de la otra en la zona formada por el extremo de electrodo. Más preferible están orientadas una hacia la otra. Esto es ventajoso en términos de resistencia hidrodinámica.

45 Preferiblemente, el dispositivo comprende una tercera conexión de salida para un líquido que se usa para enjuagar el contraelectrodo o una membrana de intercambio de iones, preferentemente una membrana bipolar, estando situada la citada tercera conexión de salida en el extremo de contraelectrodo del dispositivo o en el extremo de membrana de intercambio de iones del dispositivo.

50 En una variante, el dispositivo puede ser tal que el alojamiento comprende medios para proporcionar una fuente de iones OH^- y H^+ que definen dos compartimentos en el interior del alojamiento, siendo cada compartimento tal que comprende medios para dividir el flujo de líquido de entrada, una conexión de salida para un líquido desionizado y una conexión de salida para un líquido utilizado para enjuagar el electrodo o el contraelectrodo o una membrana de intercambio de iones, una tubería que conecta la conexión de entrada de uno de los compartimentos con la conexión de salida del otro de los compartimentos.

La resistencia hidrodinámica del dispositivo, correspondiente a la diferencia entre los flujos de líquido de entrada y de salida, está estrechamente relacionada con el diseño del dispositivo. De acuerdo con la invención, el dispositivo comprende preferiblemente medios tales como válvulas, tubos capilares, etc., situados aguas abajo de las conexiones de salida del dispositivo para ajustar la resistencia hidrodinámica de los flujos de líquido de entrada y de salida.

De esta manera, el dispositivo de la invención comprende al menos dos electrodos: ánodo y el cátodo, un material conductor de iones se coloca entre los electrodos y se proporciona un trayecto conductor de iones. Si se aplica una diferencia de tensión externa entre los electrodos, las reacciones tienen lugar en sus superficies y la

5 electromigración de los iones se produce en un campo eléctrico entre los electrodos, conduciendo la corriente eléctrica. El dispositivo de la invención comprende al menos un compartimento situado entre los electrodos, que es el compartimento de desionización, y que contiene un material de intercambio de iones. El material de intercambio de iones es generalmente un medio a través del cual pasa el flujo de intercambio de iones, por ejemplo, un lecho de resina de intercambio de iones. Los iones móviles presentes en mayoría dentro del material de intercambio de iones son iones de signo contrario, que son cationes para un material de intercambio de cationes y aniones para un material de intercambio de iones. Estos iones son responsables de la conducción de la corriente en el interior del material de intercambio de iones, con lo que los cationes en el interior del material de intercambio de cationes se mueven en la dirección del ánodo al cátodo, con lo que los aniones en el interior del material de intercambio de aniones se mueven en la dirección del cátodo al ánodo

15 El flujo de líquido utilizado para la eliminación de iones está dirigido en oposición, es decir, en contracorriente, a la migración de los iones en el interior del material de intercambio de iones. Los iones correspondientes de la corriente de alimentación se eliminarán por medio de intercambio de iones, migrarán además dentro del material de intercambio de iones y finalmente serán liberados en el electrodo a una corriente de concentrado que va a residuo.

20 Teniendo en cuenta la migración de los iones de signo contrario y un campo eléctrico dirigido normalmente al plano del electrodo, el ángulo entre el flujo y la migración de los iones de signo contrario es de alrededor de 180° para el flujo dirigido completamente en contracorriente con la migración de los iones de signo contrario en el interior del material de intercambio de iones. Dependiendo del diseño del dispositivo, se permiten ciertas desviaciones de este ángulo y el ángulo pueden ser $180^\circ \pm 80^\circ$ para el flujo descrito en la presente memoria descriptiva como en contracorriente a la migración de iones en el interior del material de intercambio de iones.

25 El material de intercambio de iones generalmente es regenerado electroquímicamente continuamente. De esta manera, los iones procedentes de la corriente de alimentación pueden ser intercambiados continuamente y se obtiene la solución acuosa libre de los iones de sal correspondientes.

30 De acuerdo con la invención, un dispositivo que contiene material de intercambio de aniones, como se ha descrito más arriba, se puede utilizar para la eliminación eficaz de los aniones de sal presentes en la corriente de alimentación. También puede eliminar ácidos débilmente disociados presentes en forma de moléculas no disociadas, tales como ácido carbónico (o CO_2), ácido silícico, ácido bórico, etc.

35 De acuerdo con la invención, un dispositivo lleno de un material de intercambio de cationes, como se ha descrito más arriba, se puede utilizar para la eliminación eficaz de los cationes de sal presentes en la corriente de alimentación. También puede eliminar las bases presentes en forma de moléculas no disociadas, tales como NH_4OH (o NH_3), aminas, etc.

40 El dispositivo que se describe más abajo se puede utilizar para la eliminación de ácidos o bases a partir de un líquido polar, o para la producción de bases o ácidos a partir de su solución acuosa de sal, intercambiando los iones correspondientes por iones OH^- o H^+ .

45 El material regenerable de intercambio de iones es generalmente un lecho de una resina de intercambio de iones. Más en general, el material convencional de intercambio de iones son perlas de resina, perlas de malla alta de resina de intercambio de iones, resina en polvo, así como cambiadores de iones fibrosos o porosos. Se pueden apilar como lechos o bloques.

50 De acuerdo con la invención, un compartimento de electrodo es un compartimento, diferente del compartimento de desionización, en el cual está presente un electrodo. Un compartimento de electrodo puede comprender un material conductor a través del cual pasa el flujo, tal como metal o carbono en forma de bloques porosos o un lecho de perlas. También puede comprender ningún relleno o puede estar lleno con material a través del cual pasa el flujo, que tiene propiedades neutras de intercambio de cationes, de intercambio de aniones o conductoras de electrones, tal como perlas de carbono.

55 De acuerdo con la presente invención, el dispositivo contiene de uno a cinco compartimentos, preferiblemente de uno a tres compartimentos.

60 Para la eliminación de ambos cationes y aniones, es decir, para la desionización completa, una solución es el uso de dos dispositivos en serie, uno de ellos lleno de material de intercambio de cationes y el otro lleno de material de intercambio de aniones. En este caso, se debe definir una secuencia preferible de los dispositivos en serie teniendo en cuenta el tipo de contaminaciones. Para los contaminantes típicos de las aguas naturales o tratadas (por ejemplo por ósmosis inversa), la secuencia material de material de intercambio de cationes - material de intercambio de aniones es generalmente ventajosa, pero no se limita a la misma. Si se desea, los dos dispositivos podrían estar integrados dentro de un alojamiento, sin que se encuentren fuera del alcance de la invención.

65 Otra solución que se utiliza ventajosamente para la desionización completa de acuerdo con la invención, reside en el uso de un dispositivo con el flujo de líquido dirigido en contracorriente a la electromigración de iones en el interior del

material de intercambio de iones, en el que un electrodo bipolar o una membrana de intercambio de iones, preferiblemente una membrana bipolar, se utiliza para la formación de iones regenerativos H^+ y OH^- . El uso de una membrana bipolar es ventajoso, en un caso en el que el líquido polar es una solución acuosa, porque da como resultado sólo una disociación de agua mejorada electroquímicamente en iones H^+ y OH^- sin formación de gases y otros subproductos, como ocurre con los electrodos.

De acuerdo con la invención, el enjuague del electrodo se proporciona preferiblemente de manera similar a la de los métodos descritos en las realizaciones anteriores de la invención. El enjuague de electrodos pueden ser organizado por cualquier método descrito más adelante, es decir, utilizando la separación hidrodinámica del flujo de alimentación dentro de los compartimentos sin, o con, una membrana que separe un compartimento del electrodo.

La separación hidrodinámica del flujo y si es necesario el enjuague del electrodo se pueden organizar con diferentes variantes de los dispositivos y métodos como se describe en las figuras, como será evidente a los expertos en la técnica. De esta manera, el dispositivo de la presente invención que se utiliza para la eliminación de iones tiene un alojamiento en el que una corriente principal circula a través del material de intercambio de iones regenerado electroquímicamente, dirigido en contracorriente a la electromigración de iones dentro de este material, mientras que el enjuague de al menos un electrodo (cátodo y / o ánodo) puede ser realizado por cualquier método descrito más adelante, es decir, utilizando la separación hidrodinámica del flujo dentro de un compartimento sin ninguna membrana, con membrana, o usando un compartimento de electrodo alimentado por separado.

Las técnicas de la presente invención se comprenderán fácilmente al considerar la descripción detallada que sigue en conjunto con los dibujos que se acompañan, en el caso de una solución acuosa que debe ser desionizada, en el que:

La figura 1 es una representación esquemática de un dispositivo de desionización típico de la técnica anterior;
 La figura 2 es una representación esquemática de un dispositivo de desionización de acuerdo con la técnica anterior,
 La figura 3 es una representación esquemática de un dispositivo de desionización de acuerdo con la técnica anterior,
 La figura 4 es una representación esquemática de un dispositivo de desionización de acuerdo con la técnica anterior,
 La figura 5 es una representación esquemática de un dispositivo de desionización de acuerdo con la técnica anterior, y
 La figura 6 es una representación esquemática de un dispositivo de desionización de acuerdo con la invención.

Para facilitar la comprensión, los números de referencia idénticos se han utilizado, cuando es posible, para designar elementos idénticos que son comunes a las figuras. Los dibujos no son a escala y las dimensiones relativas de varios elementos en los dibujos se representan esquemáticamente y no a escala.

La figura 1, que es una representación esquemática de un dispositivo de desionización típico de la técnica anterior, ha sido descrita más arriba.

La figura 2 es una representación esquemática de un dispositivo de desionización 32 de acuerdo con la técnica anterior.

El dispositivo 32 puede ser utilizado para la eliminación de aniones o para la eliminación de cationes. Se describirá aquí como un dispositivo 32 utilizado para eliminar aniones del agua, por ejemplo para sustituir aniones de sal por OH^- y / o para eliminar ácidos presentes en forma disociada o no disociada.

El dispositivo 32 comprende un alojamiento 21, por ejemplo de forma cilíndrica o de otro tipo, que contiene en su interior: un ánodo 4, un cátodo 5 y un material 2 de intercambio de aniones entre los electrodos. El alojamiento 21 define un compartimento, y se forma una celda electroquímica. El alojamiento 21 tiene una conexión de entrada 7 para el flujo 10 de solución acuosa de alimentación, una conexión de salida 8 para la corriente 12 de enjuague de ánodo y una conexión de salida 9 para la corriente 11 de producto libre de aniones de sal.

La alimentación 10 entra en la celda a través de la conexión de entrada 7 situada cerca del extremo de ánodo 4. La conexión de entrada 7 y el ánodo 4 se encuentran situados en un extremo, que es el extremo de ánodo del alojamiento 21. El alojamiento 21 tiene otro extremo, que es el extremo de cátodo 5, que se encuentra en el extremo opuesto al extremo de ánodo. Cuando hay dos conexión de salidas 8 y 9, el flujo 10 será dividido en una primera corriente utilizada para la eliminación de iones (flechas F1) y una segunda corriente para enjuagar el ánodo (flechas F2). La corriente F1 para la eliminación de iones gira en la dirección normal a los electrodos 4 y 5 y circula desde el ánodo 4 al cátodo 5 (de derecha a izquierda en la figura 2).

Una diferencia de tensión eléctrica es aplicada entre los electrodos 4 y 5 y por lo tanto, una corriente eléctrica es conducida a través de la celda formada por el alojamiento 21. La reacción electroquímica de separación del agua

tiene lugar en el cátodo 5 generando H_2 y OH^- . Los iones OH^- migran dentro del material 2 de intercambio de aniones en la dirección del cátodo 5 al ánodo 4, es decir, en contracorriente al flujo F1. Se produce un intercambio entre los aniones de sal del flujo F1 y los OH^- del material 2 de intercambio de aniones. De esta manera, el material de intercambio de aniones cerca del extremo de ánodo 4 está presente en su mayor parte en forma de sal, mientras que el material de intercambio de aniones cerca del extremo de cátodo 5 está presente en su mayor parte en forma de OH^- regenerado. La corriente tratada 11, sustancialmente libre de aniones de sal, sale del alojamiento 21 por la conexión de salida 9, cuya resistencia hidrodinámica es regulada por una válvula 19. La conexión de salida 9 está situada en el extremo de cátodo, cerca del cátodo 5.

Los aniones retirados, así como los aniones H^+ y el gas O_2 producido en el ánodo 4, son enjuagados por la corriente de enjuague del ánodo y salen del alojamiento 21 a través de la conexión de salida 8, cuya resistencia hidrodinámica es regulada por una válvula 18, como residuo 12 del ánodo.

La relación de flujos de producto 11 y de residuos 12 define la recuperación del dispositivo. Ventajosamente, de acuerdo con la invención, se puede ajustar por las resistencias hidrodinámicas de los dos trayectos, que dependen del dispositivo y además, pueden ser reguladas por válvulas, tubos capilares, etc., aguas abajo de una o más conexiones de salida del dispositivo. En la realización que se muestra en la figura 2, la regulación es realizada principalmente por las válvulas 19 y 18, colocadas respectivamente en las conexiones de salida 9 y 8.

Como se ha mencionado más arriba, el mismo principio se podría utilizar para la eliminación de cationes. En este caso, algunos números en la figura 2 tendrían un significado diferente, por lo que (2) denotaría un material de intercambio de cationes, y la polaridad sería invertida, por ejemplo, (5) denotaría un ánodo y (4) un cátodo. El dispositivo se utilizaría para eliminar los cationes de la solución acuosa, por ejemplo, para sustituir los cationes de sal por H^+ y / o para eliminar las bases presentes en forma disociada o no disociada. Los cationes extraídos, así como los cationes OH^- y el gas H_2 producido en el cátodo, serán enjuagados por la corriente (12) de enjuague del cátodo.

La figura 3 es una representación esquemática de un dispositivo de desionización 34 de acuerdo con la técnica anterior. El dispositivo 34 puede ser utilizado para la eliminación de aniones o para la eliminación de cationes. Se describe aquí como un dispositivo 34 utilizado para eliminar los aniones de una solución acuosa.

El dispositivo 34 comprende un alojamiento 22, que puede ser un cilindro u otra forma, y contiene un ánodo 4, un cátodo 5 y un material 2 de intercambio de aniones entre los electrodos. El alojamiento 22 define un compartimento y forma una celda electroquímica. El alojamiento 22 tiene una conexión de entrada 7 para el flujo de solución de alimentación acuosa 10, una conexión de salida 8 para la corriente de enjuague 12 del ánodo, una conexión de salida 13 para la corriente de enjuague 14 del cátodo y una conexión de salida 9 para la corriente de producto sustancialmente libre de aniones de sal 11.

La alimentación 10 entra en la celda a través de la conexión de entrada 7 situada cerca del extremo de ánodo 4. La conexión de entrada 7 y el ánodo 4 están situados en un extremo, que es el extremo de ánodo, del alojamiento 21. El alojamiento 21 tiene otro extremo, que es el extremo de cátodo, que se encuentra localizado en el extremo opuesto al extremo de ánodo. Las conexiones de salida 9 y 13 están situadas en el extremo de cátodo 5, cerca del cátodo 5, estando más cerca del mismo la conexión de salida 13 que la conexión de salida 9. Cuando hay tres conexiones de salida 8, 9 y 13, el flujo 10 se dividirá en la primera corriente utilizada para la eliminación de iones (flechas F1) y la segunda corriente para enjuagar el ánodo 4 (flechas F2). La corriente F1 para la eliminación de iones gira en la dirección normal a los electrodos 4 y 5 y circula desde el ánodo 4 hasta el cátodo 5, donde es dividida adicionalmente en la corriente de producto sustancialmente libre de aniones de sal 11 (flechas F'1) y una tercera corriente, una corriente de enjuague de cátodo 14 (flechas F3).

De esta manera, se proporciona una conexión de salida separada 13 para el corriente de enjuague 14 del cátodo y el cátodo 5 se enjuaga con flujo dividido hidrodinámicamente. Esta corriente de enjuague 14 del cátodo contiene ventajosamente gas o gases (tales como H_2 producido en el cátodo 5) y posibles subproductos de reacciones en los electrodos, por lo que la corriente 11 de producto será sustancialmente pura. De acuerdo con la invención, la corriente de líquido utilizado para la eliminación de iones se dirige en contracorriente a la electromigración de iones en el interior del material 2 de intercambio de iones, mientras que una parte del líquido tratado se descarga del alojamiento 22 a través de la conexión de salida 9 como un producto 11, mientras que otra parte se utiliza para enjuagar el cátodo 5 y se descarga del compartimento a través de la conexión de salida 13 como residuos 14.

En este caso, la división hidrodinámica de la solución acuosa en el interior del alojamiento 22 se lleva a cabo dos veces: en primer lugar, cerca de la conexión de entrada 7, y en segundo lugar, cerca de la conexión de salida 9 del alojamiento 22, en la dirección del flujo principal de líquido (flechas F1). Como en la realización que se ha ilustrado previamente, la relación entre las velocidades de flujo a través de las conexiones de salida 8, 9 y 13 está definida por las resistencias hidrodinámicas de tres trayectos, que dependen del diseño del dispositivo 34 y pueden ser reguladas por válvulas, capilares, etc., aguas abajo de las conexiones de salidas del dispositivo 34.

65

En la implementación de la figura 3, el líquido puede fluir a través del electrodo 4 y la conexión de salida 8 de limpieza del electrodo 12 está provista en el compartimento 6 detrás del electrodo 4. De esta manera, la segunda corriente de limpieza del electrodo (flechas F2) pasa a través del electrodo 4 y sale de la celda 21 a través de la conexión de salida 8 como residuo 12, junto con los iones eliminados y productos de reacción en los electrodos.

En este caso, el electrodo puede estar hecho de un metal en forma de malla, o puede ser un material poroso, metálico o no. También puede ser un electrodo de material compuesto, hecho de diferentes materiales o estructuras. El compartimento 6 se puede llenar con material conductor a través del cual pasa el flujo. Esto podría incrementar la superficie efectiva del electrodo y disminuir los cambios locales de concentración de iones, el pH, así como la formación de grandes burbujas de gas en la superficie de los electrodos. En algunos casos podría ser eficaz para prevenir la formación de incrustaciones. Si el electrodo es un cátodo 4, esto es particularmente ventajoso para reducir el riesgo de incrustaciones relacionado con el incremento local del pH de la superficie del cátodo 4, cuando se utiliza una solución acuosa que contiene iones de dureza.

La figura 4 es una representación esquemática de un dispositivo de desionización 35 de acuerdo con la técnica anterior. El dispositivo 35 se puede utilizar para la eliminación de aniones o para la eliminación de cationes. Se describe aquí como un dispositivo 35 utilizado para eliminar los aniones de una solución acuosa.

El dispositivo 35 comprende un alojamiento 24 que forma una celda electroquímica. El alojamiento 24 tiene una conexión de entrada 7 para la corriente de alimentación 10, una conexión de salida 8 para la corriente de enjuague 12 del electrodo, una conexión de salida 9 para la corriente 11 de producto sustancialmente libre de aniones de sal, un ánodo 4, un cátodo 5 y un material 2 de intercambio de aniones entre los electrodos. El flujo de líquido (flecha F1) en el alojamiento 24 para la eliminación de iones se dirige en contracorriente a la migración de iones de signo contrario en el interior del material 2 de intercambio de iones.

El dispositivo 35 es en general similar al dispositivo 32 ilustrado en la figura 2, excepto por el hecho de que aquí una membrana 3, que es preferiblemente una membrana de intercambio de iones, separa el alojamiento 24 en un compartimento de purificación 16 y un compartimento principal de desionización 40. Una parte de la corriente de alimentación 10 (flechas F'2) es utilizada para enjuagar el compartimento anódico 16, utilizando, por ejemplo, los orificios (o poros) en el alojamiento y / o en la parte inferior de la membrana 3, como se muestra esquemáticamente en la figura 4. Esta membrana 3 separa el alojamiento 24 en dos compartimentos 16 y 40, lo cual conduce ventajosamente a una mejor separación hidrodinámica.

Aquí, en el caso de un dispositivo para la eliminación de aniones, la membrana 3 es preferentemente una membrana de intercambio de aniones. En el caso de eliminación de cationes, la membrana 3 sería preferiblemente una membrana de intercambio de cationes.

El compartimento de electrodo 16 puede no tener relleno (como se ilustra) o puede estar lleno con un material conductor a través del cual pasa el flujo.

Si la presencia de gases y otros subproductos de reacción en el cátodo 5 en la corriente de producto 11 no es deseada, se puede proporcionar una conexión de salida separada para el enjuague del cátodo 5 utilizando separación hidrodinámica del flujo como se muestra en la figura 5.

La figura 5 es una representación esquemática de un dispositivo de desionización 36 de acuerdo con la técnica anterior. El dispositivo 36 puede ser utilizado para la eliminación de aniones o para la eliminación de cationes. Se describe aquí como un dispositivo 36 utilizado para eliminar los aniones procedentes de una solución acuosa.

El dispositivo 36 comprende un alojamiento 20 que tiene una conexión de entrada 7 para la corriente de alimentación 10, una conexión de salida 9 para la corriente 11 de producto sustancialmente libre de aniones de sal, un cátodo 5, una conexión de salida 13 para la corriente 14 de enjuague del cátodo, un material 2 de intercambio de aniones entre las membranas 3 y 15, un ánodo 4, una conexión de salida 8 para la corriente de enjuague 12 del ánodo, y un compartimento anódico 16 separados por una membrana 3. El flujo de líquido (flechas F1) en el alojamiento 20 para la eliminación de iones se dirige en contracorriente a la migración de iones de signo contrario en el interior del material 2 de intercambio de iones.

El dispositivo 36 es generalmente similar al dispositivo 35 que se ilustra en la figura 4, excepto que una membrana 15, que es preferiblemente una membrana de intercambio de iones, divide un compartimento catódico 16'. Una parte de la corriente de alimentación desionizada se utiliza para enjuagar el compartimento de electrodo 16', usando, por ejemplo, los orificios (o poros) en el alojamiento y / o en la parte inferior de la membrana 15, como se muestra esquemáticamente en la figura 5. Esta membrana 15 separa aún más el dispositivo 36 en el compartimento 16' y un compartimento de desionización principal 41 (en lugar del compartimento de desionización principal 40 en la figura 4) y eso conduce ventajosamente a una mejor separación hidrodinámica. El alojamiento 20 comprende tres compartimentos: el compartimento catódico 16', el compartimento anódico 16, y el compartimento de desionización principal 41 situado entre ellos.

Aquí, en el caso de un dispositivo para la eliminación de aniones, la membrana 15 es preferiblemente una membrana de intercambio de aniones. En el caso de eliminación de cationes, (4) sería el cátodo, (5) sería el ánodo y (15) sería preferiblemente una membrana de intercambio de cationes.

5 El compartimento 16' de electrodo puede no tener relleno o puede estar lleno con material, que tiene propiedades neutras, de intercambio de cationes, de intercambio de aniones (como se ilustra) o de conducción de electrones.

10 Preferiblemente, el compartimento catódico 16' está lleno con un material conductor de electrones a través del cual pasa el flujo y el compartimento anódico 16 está lleno con un material de intercambio de aniones a través del cual pasa el flujo.

15 En este caso la corriente de alimentación 10 que entra en el alojamiento 20 a través de la conexión de entrada 7 se divide en primer lugar en una primera corriente utilizada para la eliminación de iones (flechas F1) y una segunda corriente de enjuague de electrodo (flechas F'2), que pasa a través de la membrana 3 y sale de la celda 20 a través de la conexión de salida 8 como residuos 12, junto con los iones extraídos y productos de reacción en los electrodos. La primera corriente, después de haber pasado a través del material 2 de intercambio de iones, se divide en una corriente (flechas F"1) que sale de la celda 20 a través de la conexión de salida 9 como un producto esencialmente desionizado 11, y una tercera corriente (flechas F'3), que pasa a través de la membrana 15 y sale de la celda 20 a través de la conexión de salida 13 como residuo 14, junto con los productos de reacción en los electrodos.

25 En las implementaciones que se muestran en las figuras 4 y 5, se ha demostrado que es posible utilizar compartimento (s) de electrodos (16, 16') aislados del compartimento de desionización (40, 41) lleno con el material 2 de intercambio de iones, mientras que el flujo (flechas F1) a través de este compartimento se dirige en contracorriente a la migración de los iones en el interior del material 2 de intercambio de iones.

La figura 6 es una representación esquemática de un dispositivo de desionización 37 de acuerdo con la invención.

30 El dispositivo 37 comprende un alojamiento 25, de forma cilíndrica, que contiene en el interior: un ánodo 4, un cátodo 5, una membrana bipolar 17, un material 2a de intercambio de aniones en un compartimento de desionización 39 situado entre el ánodo 4 y la membrana bipolar 17, y un material 2c de intercambio de cationes en un compartimento de desionización 38 situado entre la membrana bipolar 17 y el cátodo 5. El alojamiento 25 forma una celda electroquímica. El alojamiento 25 tiene una conexión de salida 13 para la corriente de enjuague 14 del cátodo, una conexión de salida 8 para la corriente 12 de enjuague del ánodo, una conexión de entrada 7 para el flujo 10 de solución de alimentación acuosa que circula hacia el material 2c de intercambio de cationes, una conexión de salida 28 para la corriente 26 sustancialmente libre de cationes de sal, circulando la corriente 26 a través de una tubería 30 a una conexión de entrada 27, y circulando más allá en el material 2a de intercambio de aniones, así como una conexión de salida 9 para la corriente 11 de producto sustancialmente libre de cationes y aniones de sal. La membrana bipolar 17 comprende al menos dos capas: un ánodo que está orientado hacia la capa de intercambio de aniones y una capa de intercambio de cationes orientada hacia el cátodo y que puede generar aniones OH⁻ y cationes H⁺ de la disociación del agua.

45 La alimentación 10 entra en la celda a través de la conexión de entrada 7 situada cerca del cátodo 5. Cuando hay dos conexiones de salida 13 y 28, el flujo 10 se divide en la corriente utilizada para la eliminación de iones (flechas F11) y la corriente para enjuagar el cátodo (flechas F12). La corriente F11 utilizada para la eliminación de iones gira en la dirección normal a los electrodos 4 y 5 y circula desde el cátodo 5 al ánodo 4 (de izquierda a derecha en la figura 6), es restringida hidrodinámicamente por la membrana bipolar 17 y se descarga por la conexión de salida 28.

50 La alimentación 26 entra en la celda a través de la conexión de entrada 27 situada cerca del extremo del ánodo 4. Cuando hay dos conexiones de salida 8 y 9, el flujo 26 se dividirá en la corriente utilizada para la eliminación de iones (flechas F13) y en la corriente para enjuagar el ánodo (flechas F14). La corriente F13 utilizada para la eliminación de iones gira en la dirección normal a los electrodos 4 y 5 y circula desde el extremo del ánodo 4 al extremo del cátodo 5 (de derecha a izquierda en la figura 7), es restringida hidrodinámicamente por la membrana bipolar 17 y se descarga por la conexión de salida 9.

55 Este dispositivo 37 para la desionización utiliza un material 2c de intercambio de cationes y un material 2a de intercambio de aniones separados por la membrana bipolar 17 para producir la disociación del agua mejorada electroquímicamente, mientras que el flujo (F11, F13) es dirigido en contracorriente a la electromigración de iones dentro de los citados materiales, en los que se utiliza la separación hidrodinámica del flujo en el interior de los compartimentos de desionización 39 y 38 para enjuagar los electrodos a través de los cuales pasa el flujo, el espacio 6 o 16 detrás de los electrodos 4 o 5 está lleno con material conductor de electrones (no ilustrado).

60 De acuerdo con la invención, el flujo 12 a través de la conexión de salida 8 es regulada por una válvula 18, y el flujo 14 a través de la conexión de salida 13 es regulado por una válvula 23.

65

El dispositivo para la desionización no está limitado a la secuencia de flujo presente en la figura 6, en el que los flujos de alimentación circulan en primer lugar a través del compartimento 38 con material 2c de intercambio de cationes y a continuación a través del compartimento 39 lleno de material 2a de intercambio de aniones. Otra secuencia también es posible, en la que el flujo de alimentación pasa primero a través del compartimento 39 con el material 2a de intercambio de aniones y a continuación a través del compartimento 38 con el material 2c de intercambio de cationes, usando la siguiente secuencia de conexiones de entrada y de salida en la figura 6: 27 - 9 - 7 - 28, estando situado el tubo 30 entre la conexión de salida 9 y la conexión de entrada 7.

Otra implementación (no ilustrada) comprende al menos uno, preferible ambos, compartimentos de electrodo separados de un compartimento de desionización por una membrana de intercambio de iones estanca a los fluidos y que tiene su propia conexión de entrada y opcionalmente su propia conexión de salida para la corriente de enjuague separada.

De acuerdo con la invención, esta realización no excluye el enjuague por la segunda corriente. Por lo tanto, en este caso, el electrodo se enjuaga dos veces por sus dos lados: el lado del compartimento de electrodo y el lado del compartimento de desionización.

En tal caso, una membrana de intercambio de iones densa (sin orificios o poros) se utiliza para separar un compartimento de electrodo del compartimento de desionización. Una parte de la corriente de producto o de alimentación, el enjuague del otro compartimento de electrodo, así como otro (s) líquidos, se pueden utilizar para enjuagar tales compartimento de electrodo separados.

Si se desea, el espacio cerca de la membrana bipolar también puede ser enjuagado por separado, usando los mismos principios de separación hidrodinámica del flujo dentro de un compartimento sin ninguna membrana de intercambio de iones, con membrana de intercambio de iones, o usando un compartimento de alimentación separado. Por ejemplo, la membrana bipolar 17 podría tener una permeoselectividad limitada y por lo tanto permitir a algunas contaminaciones migrar y / o difundirse desde el compartimento lleno con 2c en el compartimento lleno con 2a. En este caso, algunas de estas contaminaciones podrían aparecer en el producto 11. Para evitar esto, el espacio adyacente a la membrana bipolar en el compartimento lleno con 2a se puede enjuagar usando separación hidrodinámica del flujo sin o con una membrana de intercambio de iones, o usando un compartimento adicional completamente separado por una membrana de intercambio de iones. Si se utiliza un compartimento separado adyacente a la membrana bipolar, debe estar lleno con un material de intercambio de aniones adyacente a la capa de intercambio de aniones de la membrana bipolar o por un material de intercambio de cationes adyacente a la capa de intercambio de cationes de la membrana bipolar. De esta manera, la invención abarca también el uso de membranas de intercambio de iones para la separación de un compartimento de electrodo o un compartimento cerca de la membrana bipolar.

De acuerdo con la invención, la corriente de solución acuosa entre los compartimentos de desionización 1° y 2°, solución de producto acuosa, así como otra corriente de líquido, también pueden ser utilizadas en parte o en su totalidad para el enjuague de los compartimentos de electrodo separados en los compartimentos adyacentes a la membrana bipolar con una conexión de entrada externa y una conexión de salida externa.

Una secuencia preferible para el flujo a través de los compartimentos de desionización en serie se debe definir teniendo en cuenta el tipo de contaminaciones. Para los contaminantes típicos del agua natural, o tratada (por ejemplo por ósmosis inversa), la secuencia del líquido que circula en primer lugar a través del compartimento lleno con material de intercambio de cationes y a continuación circula a través del compartimento lleno con material de intercambio de aniones, es generalmente ventajosa, pero no está limitada a la misma.

Los procedimientos y dispositivos de la invención son ventajosos en términos de alta eficiencia de corriente, alta capacidad de tampón, excelente rendimiento de desionización, una construcción sencilla y bajo coste de material. Los mismos deben ser más aplicables, pero no limitados, a los dispositivos de dimensiones a escala pequeña y con caudales preferiblemente de 0 - 50 l/h, o más preferiblemente 0,05 - 5 l/h.

Los dispositivos de la invención difieren generalmente del diseño del módulo tradicional de placa y bastidor o enrollado en espiral. Eso le da características adicionales, tales como la posibilidad de crear un diseño original en 3D para un dispositivo. El diseño general no está limitado a los electrodos planos colocados paralelos entre sí y a compartimento (s) rectilíneos entre los electrodos, para proporcionar el flujo de líquido dirigido en contracorriente a la electromigración de los iones.

El líquido típico utilizado para la alimentación es agua pretratada, tal como permeado de ósmosis inversa, de nanofiltración, o de ultrafiltración.

El principio de los métodos y dispositivos de la presente invención que se utiliza para eliminar los componentes de iones y / o ionizables de un líquido polar se puede aplicar no sólo a las soluciones acuosas de electrólitos, sino también a las soluciones en otros disolventes polares o en las mezclas de agua / disolvente polar.

En el caso de mezclas de agua / disolventes polares el principio del transporte de iones es similar al de las soluciones acuosas, es decir, la separación electroquímica de agua tiene lugar en los electrodos o en la membrana bipolar, generando H^+ y OH^- utilizados para la regeneración electroquímica de un material de intercambio de iones y para el intercambio con iones del líquido.

5 Se sabe que la separación electroquímica de algunos disolventes polares es posible en electrodos o en una membrana bipolar. En una membrana bipolar algunos ácidos orgánicos pueden ser divididos por un campo eléctrico en iones H^+ y carboxilatos, algunos de los alcoholes pueden ser divididos en iones H^+ y liatos, etc. Por ejemplo, la separación de metanol dentro de una membrana bipolar genera iones H^+ y CH_3O^- (metóxido). Los iones generados
10 pueden migrar a un material de intercambio de iones y se pueden utilizar para el intercambio de iones con los iones que deben ser eliminados de la corriente líquida. Sin embargo, para simplificar las explicaciones, las ilustraciones que se utilizan en la presente descripción se basan en la utilización de soluciones acuosas, es decir, agua con contaminantes de iones o ionizables, con iones H^+ y / o OH^- como productos de la separación electroquímica del
15 agua que se utiliza para la regeneración electroquímica del material de intercambio de iones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo (37) para la eliminación de iones de un líquido polar (10) en el que el dispositivo comprende al menos un alojamiento (25) que contiene al menos un compartimento y en el que un electrodo (5) y un contraelectrodo (4) están situados en dos extremos diferentes del dispositivo (37), en el que un material (2a, 2c) de intercambio de iones regenerable electroquímicamente se dispone entre el electrodo (5) y el contraelectrodo (4), en el que el alojamiento (25) comprende una membrana bipolar (17) proporcionando una fuente de iones OH⁻, y H⁺ que definen compartimentos primero y segundo (38, 39) en el interior del alojamiento (25),
10 el alojamiento (25) comprende una conexión de entrada (7) para un flujo (10) de líquido de entrada al primer compartimento (38), estando situada la citada conexión de entrada (7) en el extremo de electrodo (5) del dispositivo, siendo tal cada compartimento (38, 39) que comprende medios para dividir el flujo líquido de entrada (10, 26) entre las conexiones de salida del compartimento, una conexión de salida (9, 28) para un líquido desionizado (11, 26) y una conexión de salida (13, 8) para un líquido (12, 14) que se utiliza para enjuagar el electrodo o el contraelectrodo (5, 4) y que se encuentra situada en los extremos de electrodo (4, 5) del dispositivo,
15 y una tubería (30) que conecta una conexión de entrada (27) del segundo (39) de los compartimentos, estando situada la citada conexión de entrada en el extremo de contraelectrodo (4) del dispositivo con la conexión de salida para un fluido desionizado (28) del primero (38) de los compartimentos.
- 20 2. Dispositivo (37) de acuerdo con la reivindicación precedente, en el que el citado dispositivo (37) comprende medios (18, 23) situados aguas abajo de las conexiones de salida (8, 13) del dispositivo (37) para ajustar la resistencia hidrodinámica de los flujos de líquido de entrada (10, 26) y de salida (12, 14).
- 25 3. Dispositivo (37) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, en el que el citado dispositivo (37) comprende al menos una membrana (3, 15) que separa el electrodo (5) o el contraelectrodo (4) del compartimento de desionización (39, 38).

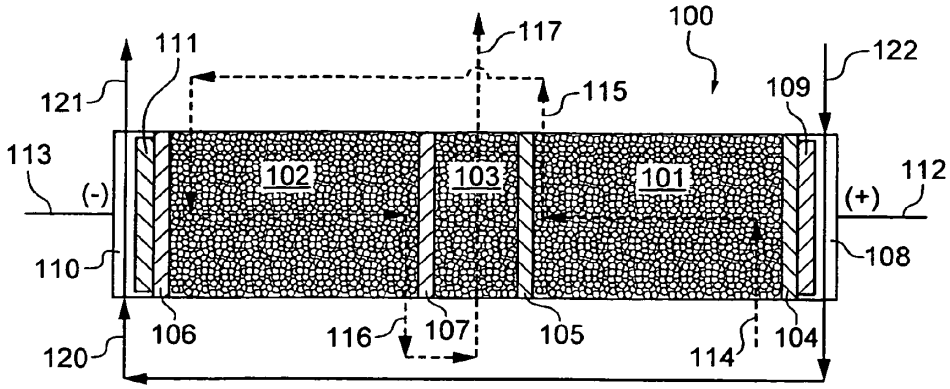


Fig. 1

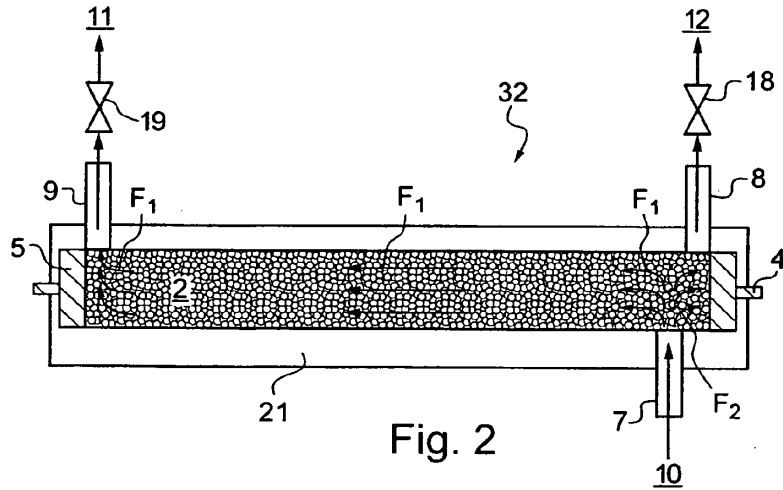


Fig. 2

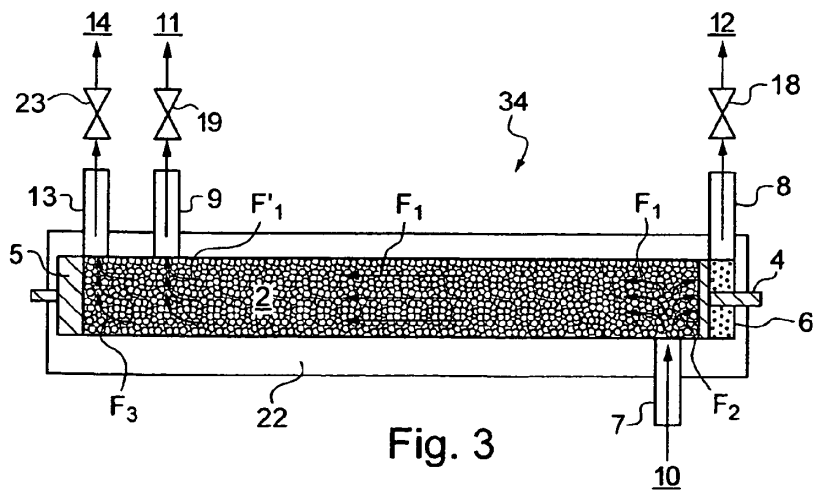


Fig. 3

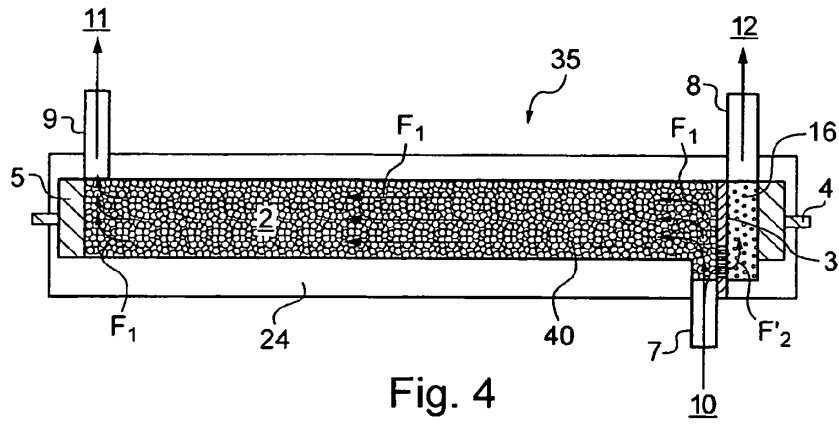


Fig. 4

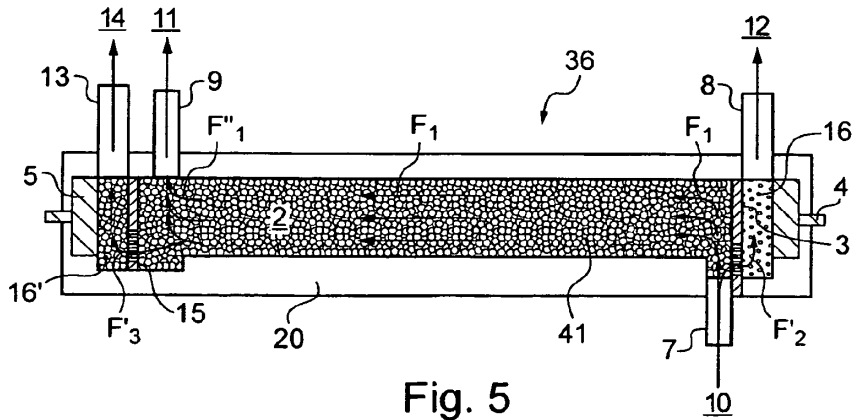


Fig. 5

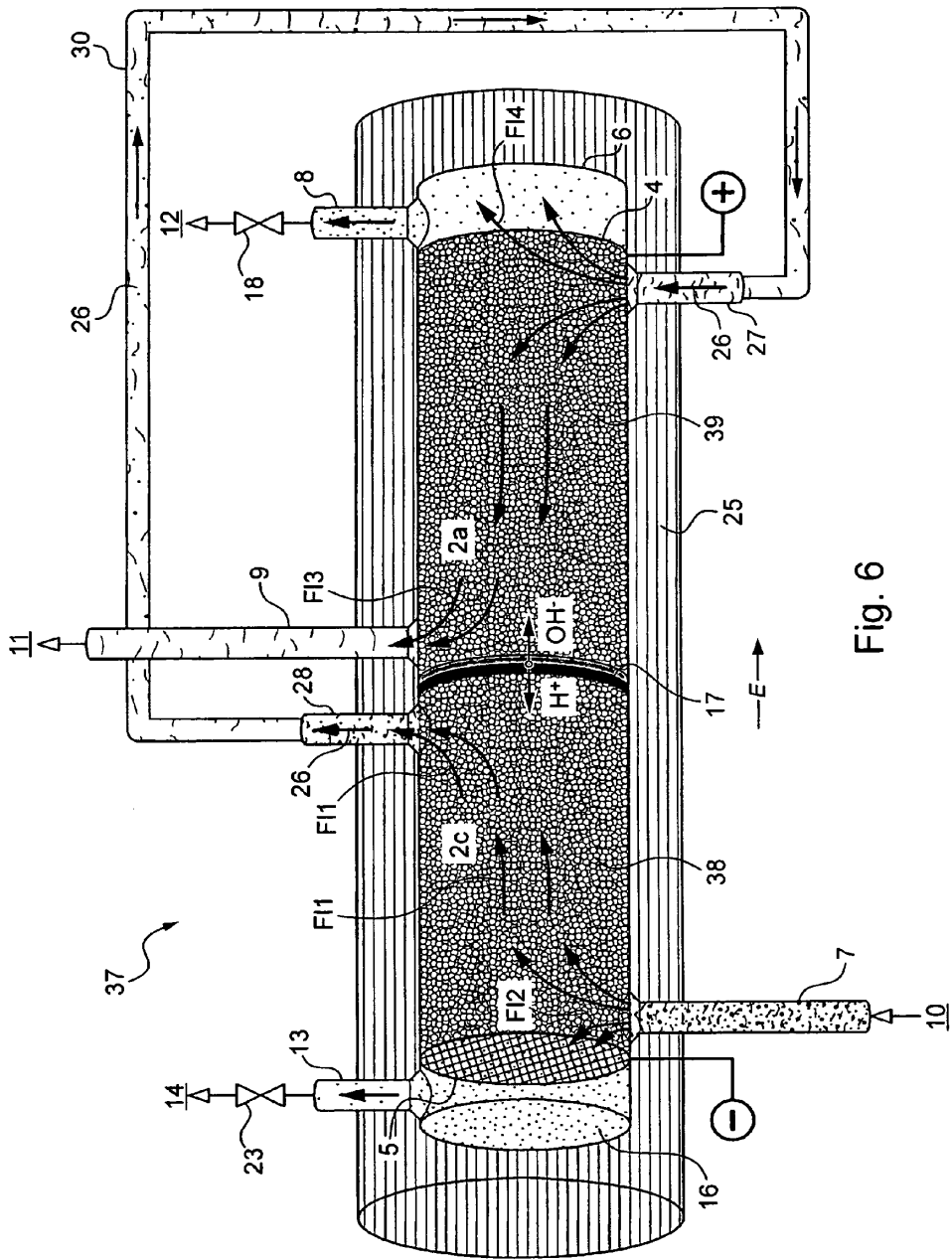


Fig. 6