

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 642 087**

51 Int. Cl.:

B01D 61/44 (2006.01)

B01D 61/50 (2006.01)

C02F 1/469 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.12.2011 PCT/US2011/063631**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.07.2012 WO12091863**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2011 E 11805289 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2017 EP 2658636**

54 Título: **Dispositivo de electrodesionización con resistencia mejorada a la formación de incrustaciones**

30 Prioridad:

29.12.2010 US 980506

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

15.11.2017

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**GREBENYUK, OLEG;
GREBENYUK, VLADIMIR;
ZHANG, LI;
SIMS, KEITH, J. y
BARBER, JOHN**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 642 087 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 resistencia mejorada a la formación de incrustaciones

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN**CAMPO DE LA INVENCIÓN**

- 5 La invención se refiere a un aparato para llevar a cabo la electrodesionización para purificar agua, y más particularmente a un dispositivo de electrodesionización con resistencia mejorada a la formación de incrustaciones.

DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA RELACIONADA

10 La electrodesionización (EDI) es una técnica de desionización de separación con membrana que combina las técnicas de electrodialisis e intercambio iónico. El aparato de purificación de EDI tiene muchas ventajas, tales como, producir agua de forma continua, regenerar resinas de intercambio iónico sin utilizar álcalis ni ácidos, funcionando automáticamente, etc. Ha resultado una alternativa estándar al lecho mezclado como el aparato de tratamiento de agua final utilizado en sistemas de preparación de agua pura. Un aparato de EDI de tipo de placa y bastidor incluye un ánodo, un cátodo, membranas permeables a aniones y membranas permeables a cationes. Las membranas están dispuestas alternativamente de tal manera que forman alternativamente compartimentos de concentración y compartimentos de desalación (compartimentos de dilución) en una pila entre el ánodo y el cátodo. Los compartimentos de desalación son llenados con un intercambiador iónico tal como unas perlas de resina de intercambio iónico. El líquido que es tratado en los compartimentos de dilución es mermado de iones mientras el líquido en compartimentos de concentración resulta enriquecido con los iones transferidos a través de su membrana respectiva y los transporta en forma concentrada.

20 Los iones de cationes y aniones en el agua alimentada para el aparato de EDI pueden realizar intercambio iónico con el H^+ y OH^- en las resinas de intercambio catiónico y aniónico respectivamente, y por tanto se unen de manera iónica a las partículas de resina. Los iones migran bajo la influencia del campo eléctrico a través del paso de flujo iónico formado por partículas de resina. Esto se debe a que en los sistemas de aplicación del EDI, la conductividad eléctrica de la resina es varias magnitudes más elevada que la de la solución de agua. Los iones migran a la cámara de concentración a través de las membranas de intercambio iónico, y por lo tanto completan el proceso de desionización del agua. Bajo una cierta caída potencial, el agua es descompuesta en H^+ y OH^- debido a la disociación de agua asistida en la interfaz de los dos diferentes tipos de resinas y membranas y la resina es por tanto regenerada.

30 Los compartimentos de dilución son llenados con materiales sólidos que intercambian iones porosos produciendo huecos entre las partículas a través de las cuales fluye el agua que ha de ser desionizada. Los materiales que intercambian iones son comúnmente mezclas de resinas de intercambio de cationes y resinas de intercambio de aniones y fibras tejidas y no tejidas. Un conjunto de uno o más pares de compartimentos de dilución y concentración, denominados como un "par de celdas", está limitado a ambos lados por un ánodo y un cátodo que aplican típicamente un campo eléctrico perpendicular a la dirección general del flujo líquido. Sin embargo, en otras configuraciones, la corriente y el líquido fluyen en la misma dirección o en direcciones opuestas. El campo eléctrico aplicado hace que los aniones se muevan desde el compartimento de dilución a través de la membrana de intercambio de aniones al compartimento de concentración más cerca del ánodo y los cationes se muevan desde el compartimento de dilución a través de la membrana de intercambio de cationes al compartimento de concentración más cerca del cátodo. Los aniones y cationes resultan atrapados en los compartimentos de concentración ya que el movimiento de aniones hacia el ánodo es bloqueado por una membrana de intercambio de cationes, y el movimiento de cationes hacia el cátodo es bloqueado por una membrana de intercambio de aniones. Un flujo de agua es establecido para eliminar los iones de los compartimentos de concentración. El resultado neto del proceso es la eliminación de iones desde la corriente de agua que fluye a través de los compartimentos de dilución y su concentración en el agua que fluye a través de los compartimentos de concentración.

45 Típicamente, el agua alimentada al EDI es inicialmente tratada previamente en una operación de ósmosis inversa para reducir la carga iónica y los contaminantes coloidales en esta, antes de ser dirigidos hacia la electrodesionización. Esta práctica prolonga la vida útil de las perlas de resina utilizadas en la electrodesionización. Sin embargo, incluso cuando se utiliza una operación de tratamiento previo de ósmosis inversa, la concentración de cationes de calcio y/o magnesio y de aniones de sulfato y/o carbonato pueden provocar la así llamada "formación de incrustaciones" en los compartimentos de concentración debido a la precipitación. La consecuencia de esta formación de incrustaciones es un flujo concentrado restringido, un aumento en la resistencia eléctrica de la pila, una caída en la densidad de corriente y eventualmente una disminución aguda en la pureza del agua del producto. Esto afecta negativamente a las características de rendimiento aumentando el coste operativo, disminuyendo la calidad del agua producida, o haciendo el apilamiento de EDI inoperable.

Se desea tener un dispositivo y método de electrodesionización con resistencia a la formación de incrustaciones mejorada.

55 El documento WO 2005/011849 A2 se refiere a un módulo de electrodesionización para utilizar en un aparato para purificar líquidos acuosos para producir agua de alta pureza. El módulo tiene membranas de intercambio de aniones y cationes alternativas con la disposición ánodo-A-C-A-C-A...-cátodo que forma un apilamiento (empleando A para

membrana de intercambio de aniones, C para membrana de intercambio de cationes). Siendo los compartimentos limitados A-C compartimentos de dilución y siendo los compartimentos limitados C-A compartimentos de concentración. La alimentación es introducida en un compartimento de dilución. Los compartimentos de dilución están conectados en serie, con entradas y salidas opuestas, dando como resultado una dirección de flujo opuesta en el siguiente compartimento de dilución. Hay una salida de producto en el último compartimento de dilución. Los compartimentos de concentración están también conectados en serie. Los compartimentos de concentración comprenden separadores y tejidos y los compartimentos de dilución comprenden perlas de intercambio de iones, que funcionan también como separadores.

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

10 En un aspecto, la invención está dirigida a un aparato de electrodesionización según las reivindicaciones adjuntas.

La presente invención y sus ventajas sobre la técnica anterior resultarán evidentes tras la lectura de la descripción detallada siguiente y de las reivindicaciones adjuntas con referencia a los dibujos adjuntos.

Aunque las figs. 1 y 2 son para comprensión general y no están de acuerdo con la invención, la fig. 3 representa una realización según la invención.

15 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Las características antes mencionadas y otras características de esta invención resultarán más evidentes y la propia invención será mejor comprendida por referencia a la descripción siguiente de realizaciones de la invención tomadas en unión con los dibujos adjuntos, en los que:

La fig. 1 ilustra una vista esquemática de un sistema para reducir contaminantes orgánicos recalcitrantes.

20 La fig. 2 ilustra una vista esquemática de un sistema para reducir contaminantes orgánicos recalcitrantes.

La fig. 3 ilustra una vista esquemática de un sistema para reducir contaminantes orgánicos recalcitrantes según una realización de la invención.

Caracteres de referencia correspondientes indican partes correspondientes a lo largo de las vistas de los dibujos.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

25 La invención será ahora descrita en la descripción detallada siguiente con referencia a los dibujos, en donde las realizaciones preferidas son descritas en detalle para habilitar la práctica de la invención.

30 Con referencia a la fig. 1, se ha mostrado un aparato 10 de electrodesionización que tiene una pluralidad de cámaras 12 de dilución y una pluralidad de cámaras 13 de concentración como será descrito además a continuación que tienen tanto resina de intercambio de aniones como resina de intercambio de cationes contenidas en ellas. Cada cámara 12 de dilución comprende en un primer compartimento 14 de dilución y un segundo compartimento 16 de dilución. Cada cámara 13 de concentración está dividida en un primer compartimento 15 de concentración y en un segundo compartimento 17 de concentración. Como se ha visto en la fig. 1, el aparato 10 de electrodesionización está hecho de grupos G repetitivos de componentes que comprenden el primer y segundo compartimentos 14, 16 de dilución y el primer y segundo compartimentos 15, 17 de concentración.

35 El aparato 10 de electrodesionización incluye un compartimento 20 de ánodo provisto con un ánodo 22, y un compartimento 24 de cátodo espaciado del compartimento de ánodo y provisto con un cátodo 25. Cada uno de los compartimentos 20, 24 está configurado para recibir un flujo de material 26 electrolítico, tal como agua o una solución acuosa alimentada. El ánodo 22 y el cátodo 25 están configurados para acoplarse a una fuente de alimentación de corriente continua para producir una diferencia de potencial eléctrico entre el ánodo 22 y el cátodo 25 y por lo tanto influir en el transporte de material iónico en un medio líquido y en un medio de intercambio de iones por la influencia de la diferencia de potencial eléctrico. Ya que el compartimento 20 de ánodo y el compartimento 24 de cátodo pueden, en algunos casos, estar dispuestos adyacentes a una cámara 13 de concentración, los compartimentos 20 y 24 pueden ser considerados también como cámaras 12 de dilución.

45 El compartimento 20 de ánodo y/o el compartimento 24 de cátodo son considerados una cámara 12 de dilución, y el compartimento 20 de ánodo y/o el compartimento 24 de cátodo están configurados para recibir la solución 40 de alimentación. El compartimento 20 de ánodo y/o el compartimento 24 de cátodo es considerado una cámara 13 de concentración, y el compartimento 20 de ánodo y/o el compartimento 24 de cátodo está configurado para recibir la primera solución 51 de concentración o la segunda solución 55 de concentración.

50 En la fig. 1, el compartimento 20 de ánodo está configurado como una cámara 12 de dilución y recibe la solución 40 de alimentación. Sin embargo, el compartimento 24 de cátodo, que no está configurado ni como una cámara 12 de dilución ni como una cámara 13 de concentración, recibe un flujo de material 26 electrolítico.

Una pluralidad de membranas 28 de intercambio de aniones y de membranas 30 de intercambio de cationes están dispuestas alternativamente entre el compartimento 20 de ánodo y el compartimento 24 de cátodo para formar el primer y segundo compartimentos 14, 16 de dilución y el primer y segundo compartimentos 15, 17 de concentración. Como se ha utilizado aquí, el término "membrana de intercambio de aniones" significa una membrana que está configurada para permitir preferentemente el transporte de aniones sobre el de cationes desde el primer y segundo compartimentos 14, 16 de dilución al primer y segundo compartimentos 15, 17 de concentración y el término "membrana de intercambio de cationes" significa una membrana que está configurada para permitir preferentemente el transporte de cationes sobre el de aniones desde el primer y segundo compartimentos 14, 16 de dilución al primer y segundo compartimentos 15, 17 de concentración durante el funcionamiento del aparato 10 de electrodesionización. Los flujos iónicos ilustrados a través de las membranas 28, 30 en la fig. 1 están limitados a iones de Sodio, Calcio, Hidrógeno, Hidróxido, Cloruro y Carbonato por razones de simplicidad. Un experto en la técnica comprenderá que otros iones serían transferidos de una manera similar.

Cada uno del primer y segundo compartimentos 14, 16 de dilución están limitados por una membrana 28 de intercambio de aniones en el lado del ánodo (es decir, el lado más cercano al ánodo 22) y una membrana 30 de intercambio de cationes en el lado del cátodo (es decir, el lado más cercano al cátodo 25). Cada uno del primer y segundo compartimentos 15, 17 de concentración están limitados por una membrana 30 de intercambio de cationes en el lado del ánodo y una membrana 28 de intercambio de aniones en el lado del cátodo. Las membranas 28 de intercambio de aniones están configuradas para permitir el transporte preferencial de aniones a los compartimentos 15, 17 de concentración. Las membranas 30 de intercambio de cationes están configuradas para permitir el transporte preferencial de cationes a los compartimentos 15, 17 de concentración. La fig. 1 muestra el aparato 10 de electrodesionización con tres grupos G repetitivos. Un experto en la técnica entenderá que el número de grupos repetitivos puede ser más o menos.

Los componentes mostrados en la fig. 1 son montados juntos como un apilamiento entre placas de presión (no mostrada) mantenidas juntas por pernos o un cilindro hidráulico o en un alojamiento que contiene los componentes y proporciona múltiples para dirigir el líquido entrante a y el líquido saliente desde los compartimentos 14, 16 de dilución y los compartimentos 15, 17 de concentración. Los compartimentos 14, 16 de dilución y los compartimentos 15, 17 de concentración están típicamente entre alrededor de 1,0 mm a 10,0 mm de grosor, y hay típicamente alrededor de 10 a 300 compartimentos de dilución en el aparato 10. El área de la superficie de cada membrana 28, 30 de intercambio está típicamente entre alrededor de 0,5 (0.0465 m²) y 5,0 pies cuadrados (0.465 m²).

Una solución 40 de alimentación (típicamente la salida de agua del producto de un aparato de RO) entra en la entrada 42 del primer compartimento 14 de dilución. El primer compartimento de dilución está separado por la membrana 30 de intercambio de cationes del primer compartimento 15 de concentración y por la membrana 28 de intercambio de aniones del segundo compartimento 17 de concentración. De manera deseable, una porción mayor de contaminantes iónicos presentes en la solución 40 de alimentación es transferida al primer y segundo compartimentos 15, 17 de concentración adyacentes durante el trayecto a través del primer compartimento 14 de dilución. Así, la mayoría de cationes serían transferidos al primer compartimento 15 de concentración y la mayoría de aniones serían transportados al segundo compartimento 17 de concentración.

En una realización, el grosor del primer compartimento 14 de dilución es mayor que el grosor del segundo compartimento 16 de dilución. En otra realización, el grosor del primer compartimento 14 de dilución es de alrededor de dos a cuatro veces mayor que el grosor del segundo compartimento 16 de dilución. En una realización adicional, el grosor del primer compartimento 14 de dilución es de alrededor de cuatro a ocho veces mayor que el grosor del segundo compartimento 16 de dilución.

Además, en otra realización, el grosor del primer compartimento 14 de dilución es menor que el grosor del segundo compartimento 16 de dilución. En otra realización, el grosor del primer compartimento 14 de dilución es aproximadamente dos a cuatro veces menor que el grosor del segundo compartimento 16 de dilución. En una realización adicional, el grosor del primer compartimento 14 de dilución es alrededor de cuatro a ocho veces menor que el grosor del segundo compartimento 16 de dilución.

Después de pasar a través del primer compartimento 14 de dilución, la solución de alimentación entra en el segundo compartimento 16 de dilución. Durante esta etapa, son eliminados los contaminantes de traza restantes. Los iones predominantes que atraviesan a través de las membranas 28, 30 de intercambio de aniones y de intercambio de cationes adyacentes desde el segundo compartimento 16 de dilución son iones de hidrógeno e hidróxido producidos a partir de la división del agua. Más particularmente, en la interfaz entre las resinas de intercambio de iones y las resinas de intercambio de iones y la membrana 28, 30 de intercambio de iones el agua es disociada activamente para formar H⁺ y OH⁻. En tal caso, parte de los iones H⁺ penetrará a través de la membrana 30 de intercambio de cationes a la segunda cámara 17 de concentración y la parte de OH⁻ penetrará a través de la membrana 28 de intercambio de aniones a la primera cámara 15 de concentración. La superficie del lado de la cámara de concentración de la membrana 30 de intercambio de cationes exhibe comportamiento ácido fuerte, que indica la existencia de una elevada concentración de H⁺ local. Como comparación, la superficie del lado de la cámara de concentración de la membrana 28 de intercambio de aniones exhibe un comportamiento alcalino fuerte, que indica la existencia de una elevada concentración de OH⁻. Como resultado, la corriente en el primer compartimento 15 de concentración transporta una mayoría de cationes y tiene un pH

elevado, y la corriente en el segundo compartimento 17 de concentración transporta una mayoría de aniones y tiene un pH bajo. La segregación de cationes/aniones proporciona tiempos de contacto reducidos entre cationes de formación de incrustaciones y aniones de formación de incrustaciones de modo que se reduzca el riesgo de formación de incrustaciones de calcio/magnesio carbonato/sulfato dentro del aparato de electrodesionización.

5 La solución 40 de alimentación es purificada en el primer y segundo compartimentos 14, 16 de dilución y es descargada como un flujo del líquido purificado a través de la salida 48. El primer compartimento 15 de concentración está configurado para recibir un primer flujo 51 de concentración de líquido, tal como agua o una solución acuosa, que acepta los iones que transporta desde el primer y segundo compartimentos 14, 16 de dilución adyacentes, fuera del primer compartimento 15 de concentración. Un flujo 53 de líquido, que está concentrado en estos iones, es descargado desde el
10 primer compartimento 17 de concentración. El segundo compartimento 17 de concentración está configurado para recibir un segundo flujo 55 de concentración del líquido, tal como agua o una solución acuosa, que acepta los iones que transporta desde el primer y segundo compartimentos 14, 16 de dilución adyacentes, fuera del segundo compartimento 17 de concentración. Un flujo 59 de líquido, que está concentrado en estos iones, es descargado desde el segundo
15 compartimento 17 de concentración. El líquido que fluye a través del primer y segundo compartimentos 15, 17 de concentración puede fluir en una dirección a favor de corriente o contracorriente o transversal a la corriente, u otras posibles configuraciones de flujo, con relación al líquido de la solución 40 de alimentación que fluye a través del primer y segundo compartimentos 14, 16 de dilución.

Como se ha ilustrado en la fig. 2, un grupo G repetitivo consiste de un primer separador 114 de compartimento de dilución y un segundo separador 116 de compartimento de dilución para diluir corrientes, un primer separador 115 de
20 compartimento de concentración y un segundo separador 117 de compartimento de concentración para concentrar corrientes, dos membranas 30 de intercambio de cationes y dos membranas 28 de intercambio de aniones. Los separadores 114, 115, 116, 117 y las membranas 28, 30 están colocados de manera alternativa. Las membranas 28, 30 de intercambio de aniones y cationes son sustancialmente impermeables para flujo líquido y corrientes separadas en separadores adyacentes. Cada separador tiene orificios que permiten la entrada y salida de corriente correspondiente o
25 que proporcionan conexión aislada para otras corrientes como será descrito a continuación.

El grupo G comprende (de arriba a abajo) el primer compartimento 14 de dilución, la membrana 30 de intercambio de cationes, el primer compartimento 15 de concentración, la membrana 28 de intercambio de aniones, el segundo compartimento 16 de dilución, la membrana 30 de intercambio de cationes, el segundo compartimento 17 de concentración, y una membrana 28 de intercambio de aniones. La solución 40 de alimentación entra en el primer
30 compartimento 14 de dilución a través del orificio 120 mostrado en la esquina frontal derecha del primer separador 114 del compartimento de dilución y sale a través de los dos orificios 122 sobre las esquinas más alejadas del primer separador del compartimento de dilución. Las flechas indican la dirección de la corriente. La mayoría de cationes presentes en la solución de alimentación entrante son transferidos a través de la membrana 30 de intercambio de cationes a la corriente de concentrado en el primer compartimento 15 de concentración. Los orificios 122 de salida del primer compartimento 14 de dilución están conectados hidráulicamente con orificios 124 de entrada del segundo
35 compartimento 16 de dilución. Los orificios 124 están mostrados en las esquinas más alejadas del segundo separador 116 del compartimento de dilución que forma el segundo compartimento 16 de dilución. Las flechas muestran la dirección del flujo en el segundo compartimento 16 de dilución. La corriente tratada está saliendo del segundo compartimento 16 de dilución a través del orificio 128 mostrado en la esquina cercana a la izquierda. El primer y segundo compartimentos
40 15, 17 de concentración tienen corrientes que fluyen en paralelo a través de los separadores 115, 117 correspondientes como se ha mostrado por las flechas de flujo. Las corrientes de concentración tienen el orificio 130 de entrada común (lado lejano, en el centro) y el orificio 132 de salida común (lado cercano, en el centro).

Los orificios en los separadores, la colocación relativa del separador, y otra conexión hidráulica necesaria permiten al primer y segundo compartimentos 14, 16 de dilución estar conectados en serie y al primer y segundo compartimentos 15,
45 17 de concentración estar conectados en paralelo todos dentro de cada grupo G repetitivo de componentes. De manera deseable, los parámetros operativos del aparato 10 de electrodesionización son elegidos de tal manera que una fracción sustancial de los iones que forman la incrustación en la solución 40 de alimentación son transferidos al primer y segundo compartimentos 15, 17 de concentración adyacentes desde el primer compartimento 14 de dilución.

Un experto en la técnica entenderá que la corriente en el primer compartimento 14 de dilución puede fluir a contracorriente o a favor de corriente a la corriente en el segundo compartimento 16 de dilución, la corriente en el primer compartimento 15 de concentración puede fluir a contracorriente o a favor de corriente a la corriente en el primer compartimento 14 de dilución, la corriente en el primer compartimento 15 de concentración puede fluir a contracorriente o a favor de corriente a la corriente en el segundo compartimento 17 de concentración. Adicionalmente, el primer
50 compartimento 14 de concentración y el segundo compartimento 17 de concentración pueden ser combinados de nuevo en su lugar, en donde la división/recombinación de agua inducida eléctricamente está ausente o puede ser mantenida de manera separada en el apilamiento y ser evaluada a través de los orificios separados. El primer compartimento 15 de concentración y el segundo compartimento 17 de concentración pueden ser alimentados desde la misma fuente o pueden ser alimentados desde fuentes diferentes. El flujo de concentrado (al menos uno de los dos) puede ser alimentado por alimentación diluida. Se contempla también que el flujo de concentrado (al menos uno de los dos) es alimentado por agua de producto diluida, o que el flujo de concentrado (al menos uno de los dos) es alimentado por agua
60

de producto intermedia obtenida desde entre el primer y segundo compartimentos 14, 16 de dilución. Alternativamente, el flujo de concentrado (al menos uno de los dos) puede ser alimentado por una fuente independiente de agua de baja dureza/de bajo contenido de carbono inorgánico.

5 Los separadores 114, 115, 116, 117 están interpuestos entre las membranas 28, 20 de intercambio de aniones y cationes alternativas de modo que mantengan la separación entre las membranas 28, 20 de intercambio de aniones y cationes opuestas y por tanto proporcionar compartimentos 14, 15, 16, 17 con trayectos de flujo respectivos para el flujo de líquido. Los separadores 114, 115, 116, 117 pueden incluir una malla, en donde la malla está prevista para mantener la separación entre las membranas opuestas, o una membrana opuesta y un conjunto de bastidor final, de las cámaras de concentración del aparato 10 de electrodesionización, y por tanto facilitar la provisión de un trayecto de flujo de fluido dentro de los compartimentos de concentración. Se entiende que los compartimentos de concentración que contienen material de intercambio de iones no requieren necesariamente separadores con malla, ya que el material de intercambio de iones dentro de los compartimentos de concentración facilita la provisión de un trayecto de flujo en los compartimentos. Tal disposición de resina de intercambio de iones de cámara de concentrado puede ser encontrada en el documento US20080073215A. Una vez dicho esto, los compartimentos de concentración cuya construcción incluye separadores con malla no son excluidos. Por consiguiente los separadores adecuados incluyen separadores con o sin una malla.

20 La fig. 3 es la realización según la invención del aparato 10' de electrodesionización. La fig. 3 muestra un único grupo G repetitivo de componentes; sin embargo, un experto en la técnica entenderá que pueden disponerse más grupos como un apilamiento en el aparato 10'. Un separador 212 (superior) del compartimento de dilución tiene un orificio 220 de entrada en la esquina derecha próxima y sale a través de un orificio 222 de salida en la esquina lejana izquierda. La primera mitad de este separador 212 de compartimento de dilución forma un primer compartimento 214 de dilución que opera de una manera similar a la operación del primer compartimento 14 de dilución descrito anteriormente. La segunda mitad del separador 214 de compartimento de dilución forma un segundo compartimento 216 de dilución que es similar al segundo compartimento 16 de dilución en el ejemplo previo.

25 Un separador 213 de concentración adyacente al separador 212 del compartimento de dilución tiene un orificio 230 de entrada de concentrado en el centro del separador 213 y la corriente de concentración entrante se divide en dos direcciones de flujo. El separador 213 del compartimento de concentración forma un primer compartimento 215 de concentración que recibe una porción de la corriente dirigida en una primera dirección como se ha representado por las flechas de flujo 260 y forma un segundo compartimento 217 de concentración que recibe una segunda porción de la corriente dirigida en una segunda dirección como se ha representado por las flechas de flujo 262. El flujo 260 dirigido en la primera dirección es similar al flujo en el primer separador 115 de la fig. 2. Este flujo aceptaría la mayoría de cationes procedentes de la corriente de diluido por encima de él y la mayoría de los hidróxidos procedente del flujo de diluido por debajo. El flujo 262 dirigido en la segunda dirección sería similar al flujo en el segundo separador 117 de compartimento de concentración de la fig. 2. Estaría recogiendo aniones procedentes de la corriente de dilución por debajo e iones de hidrógeno procedentes de la corriente de dilución por encima de ella. Los otros dos separadores 212' y 213' en la fig. 3 acomodan flujos similares a los flujos en los separadores 212 y 213, pero dirigidos en la dirección opuesta. Las condiciones de operación permiten de manera deseable la transferencia de una mayoría de los iones que forman incrustaciones dentro de un primer compartimento 215 de dilución.

40 El ejemplo de membranas 28, 30 permeables de iones adecuadas incluye membranas de intercambio de iones heterogéneas y membranas permeables de iones homogéneas. Las membranas permeables de iones heterogéneas adecuadas incluyen, por ejemplo, Membranes International CMI-7000™ (una membrana de intercambio de cationes) y Membranes International AMI-7001S™ (una membrana de intercambio de aniones). La membrana permeable de iones homogénea adecuada incluye, por ejemplo, CR67HMP™ de GE Infrastructure Water and Process Technologies (antes IONICS) (una membrana de intercambio de cationes) y A103QDP™ de GE Infrastructure Water and Process Technologies (antes IONICS) (una membrana de intercambio de aniones). Se pueden proporcionar materiales de intercambio de iones fijos en hebras de materiales de intercambio de aniones y cationes combinados en telas tejidas, telas no tejidas (hebras orientadas aleatoriamente) o redes extruidas. Los materiales de intercambio de iones fijos podrían ser proporcionados también por espuma de celda abierta y por partículas de intercambio combinadas. Las hebras utilizadas en las telas pueden tener también una variedad de formas. Las hebras pueden estar hechas en la forma de un haz de múltiples filamentos, en la forma de hebras trenzadas, y en la forma de un filamento de partícula de intercambio combinado, que está hecho de partículas de intercambio de cationes y partículas de intercambio de aniones que son mantenidas juntas por adhesivo. La espuma de celda abierta incluye partículas de intercambio de cationes, partículas de intercambio de aniones y adhesivo y tiene una red interconectada de pasos de flujo a través de ella. Las partículas de intercambio de iones combinadas están hechas de partículas de intercambio de cationes, partículas de intercambio de aniones y adhesivo y son lo suficientemente grandes para provocar una caída de presión aceptablemente baja en los canales de flujo. En algunas realizaciones los materiales de intercambio de iones no son mezclados, sino que en su lugar incluyen solamente materiales o partículas de intercambio de aniones o materiales o partículas de intercambio de cationes en un canal entre las membranas o la región en un canal entre las membranas. Es posible también utilizar intercambio de iones empaquetado en los canales de dilución y concentración en los que el material de intercambio de iones es fijado en su lugar por compresión de los materiales de modo que limiten el movimiento del material en el dispositivo, véase el documento US 5.961.805.

5 En una realización, el material de intercambio de iones está dispuesto dentro de cada uno de los compartimentos 14, 16 de dilución y de los compartimentos 15, 17 de concentración. Por ejemplo el material de intercambio de iones es mezclado con material de intercambio de iones. Ejemplos de formas adecuadas de materiales de intercambio de iones incluyen perlas, partículas de forma irregular, fibras, cilindros, tejidos, o monolitos porosos. Los materiales de intercambio de iones pueden incluir tanto materiales naturales como sintéticos.

10 Como se ha utilizado en este documento, el término "material de intercambio de aniones" significa material que es preferentemente conductor a especies aniónicas. A este respecto, tal material es configurado para intercambiar de manera selectiva especies aniónicas presentes en el material por especies aniónicas procedentes del líquido que lo rodea y facilitar la migración de las especies aniónicas intercambiadas bajo un campo eléctrico aplicado. Ejemplos de material de intercambio de aniones incluyen perlas sintéticas de poliestireno reticulado con divinil benceno, siendo hechas funcionales tales perlas con grupos de trimetilamonio o de dimetiletanolamonio (por ejemplo, Mitsubishi DIAION SA10A™ o Mitsubishi DIAION SA20A™). Como se ha utilizado en este documento, el término "material de intercambio de cationes" significa material que es preferentemente conductor a especies catiónicas. A este respecto, tal material es configurado para intercambiar de manera selectiva especies catiónicas presentes en el material por especies catiónicas del líquido que lo rodea y facilitar la migración de las especies catiónicas intercambiadas bajo un campo eléctrico aplicado. Ejemplos de material de intercambio de cationes adecuado incluye perlas sintéticas de poliestireno reticulado con divinil benceno, siendo hechas funcionales tales perlas con grupos de ácido sulfónico (por ejemplo, Mitsubishi DIAION SK-1B™).

15

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (10') de electrodesionización que comprende:

un compartimento (20) de ánodo provisto con un ánodo (22);

5 un compartimento (24) de cátodo espaciado del compartimento de ánodo y provisto con un cátodo (25), en el que el ánodo y el cátodo están configurados para acoplarse a una fuente de alimentación de corriente continua para producir una diferencia de potencial eléctrico entre el ánodo y el cátodo y por lo tanto influir en el transporte de material iónico en un medio líquido y en un medio de intercambio de iones por la influencia de la diferencia de potencial eléctrico;

una entrada de alimentación que recibe una solución de alimentación;

una salida de producto de agua;

10 una pluralidad de membranas (28) de intercambio de aniones y una pluralidad de membranas (30) de intercambio de cationes dispuestas alternativamente entre el compartimento de ánodo y el compartimento de cátodo; y

15 una pluralidad de separadores (212, 213, 212', 213'), en la que dichos separadores y dichas membranas de intercambio de aniones y cationes están dispuestas para formar un primer compartimento (214) de dilución que recibe una solución de alimentación procedente de la entrada (220) de alimentación, un segundo compartimento (216) de dilución en serie con el primer compartimento (214) de dilución y que entrega agua producida a la salida (222) de agua producida, un primer compartimento (215) de concentración, y un segundo compartimento (217) de concentración, en el que el primer y el segundo compartimentos (214, 216) de dilución están limitados por una membrana (28) de intercambio de aniones en el lado más cercano al ánodo y por una membrana (30) de intercambio de cationes en el lado más cercano al cátodo, y el primer y segundo compartimentos (215, 217) de concentración están limitados por una membrana de intercambio de cationes en el lado más próximo al ánodo y por una membrana de intercambio de aniones en el lado más próximo al cátodo;

20 en el que dichos separadores que forman el primer y segundo compartimentos de dilución y el primer y segundo compartimentos de concentración y dichas membranas de intercambio de aniones y cationes juntos forman un grupo de electrodesionización, comprendiendo el aparato de electrodesionización una pluralidad de grupos (G) de electrodesionización repetitivos ensamblados juntos como un apilamiento;

25 en el que los separadores comprenden un primer y segundo separadores (212, 212') de compartimento de dilución y un primer y segundo separadores (213, 213') de compartimento de concentración, en el que:

30 un primero (212) de dichos separadores de compartimento de dilución forma un primer y segundo compartimentos (214, 216) de dilución, teniendo dicho primer separador de compartimento de dilución un orificio de entrada (220) en un extremo y un orificio (222) de salida en un extremo opuesto, donde una primera parte del primer separador de compartimento de dilución está configurado para formar un primer compartimento (214) de dilución que recibe solución de alimentación desde su entrada (220) de alimentación y un segundo compartimento (216) de dilución que recibe solución de alimentación desde dicho primer compartimento de dilución,

35 un segundo (212') de dichos separadores de compartimento de dilución configurados de tal modo que sus orificios (220, 222) de entrada y salida están en extremos opuestos al del primer separador (212) de compartimento de dilución y además configurados de tal modo que el flujo a través del segundo compartimento de dilución está en la dirección opuesta comparado al flujo en el primer separador de compartimento de dilución, en el que dicho segundo separador de compartimento de dilución forma un primer y segundo compartimentos de dilución configurados en serie; y

40 cada uno de dichos separadores (213, 213') tiene un orificio de entrada (230) que recibe corriente de concentrado en el centro del separador de concentración, estando configurado el separador de concentración de tal modo que dirige la corriente de concentrado entrante en dos direcciones de flujo (260, 262), en que el separador (213, 213') de compartimento de concentrado forma el primer y segundo compartimentos (215, 217) de concentrado, que están configurados de tal modo que el primer compartimento de concentración recibe una primera parte de la corriente de concentrado dirigida en una primera dirección (260), y el segundo compartimento de concentración recibe una segunda parte de la corriente dirigida en una segunda dirección (262).

45 2. El aparato de electrodesionización de la reivindicación 1, en el que el grupo de electrodesionización tiene una primera y segunda membranas (30) de intercambio de cationes y una primera y segunda membrana (28) de intercambio de aniones y está dispuesto con la primera membrana de intercambio de cationes adyacente al primer separador (212) de dilución, el primer separador (213) del compartimento de concentrado adyacente a la primera membrana de intercambio de cationes, la primera membrana de intercambio de aniones adyacente al primer separador (213) del compartimento de concentrado, el segundo separador (212') del compartimento de dilución adyacente a la primera membrana de intercambio de aniones, la segunda membrana de intercambio de cationes adyacente al segundo separador (212') del compartimento de dilución, el segundo separador (213') adyacente a la segunda membrana de intercambio de cationes, y la segunda membrana de intercambio de aniones adyacente al segundo separador (213') del compartimento de

concentrado.

- 5 3. El aparato de electrodesionización de la reivindicación 1, configurado de tal modo que una parte mayoritaria de contaminantes iónicos presentes en la solución alimentada es transferida al primer y segundo compartimentos (215, 217) de concentración durante un trayecto a través del primer compartimento (214) de dilución del primer y segundo separadores (212, 212') del compartimento de dilución de tal modo que una mayoría de cationes son transferidos al primer compartimento (215) de concentrado y una mayoría de los aniones son transportados al segundo compartimento (217) de concentrado.
- 10 4. El aparato de electrodesionización de la reivindicación 3, configurado de tal modo que el primer compartimento (215) de concentrado transporta una mayoría de cationes y tiene un pH elevado, y el segundo compartimento (217) de concentrado transporta una mayoría de aniones y tiene un pH bajo para reducir la formación de incrustaciones dentro del aparato de electrodesionización.
- 15 5. El aparato de electrodesionización de la reivindicación 1, en el que los compartimentos (214, 216) de dilución y los compartimentos (215, 217) de concentración son de entre alrededor de 1,0 mm y 10,0 mm de grosor.
6. El aparato de electrodesionización de la reivindicación 1, en el que el grosor de dicho primer compartimento (214) de dilución es mayor que el grosor de dicho segundo compartimento (216) de dilución.
7. El aparato de electrodesionización de la reivindicación 1, en el que el grosor de dicho primer compartimento (214) de dilución es de alrededor de dos a cuatro veces mayor que el grosor de dicho segundo compartimento (216) de dilución.
8. El aparato de electrodesionización de la reivindicación 1, en el que el grosor de dicho primer compartimento (214) de dilución es de alrededor de cuatro a ocho veces mayor que el grosor de dicho segundo compartimento (216) de dilución.
- 20 9. El aparato de electrodesionización de la reivindicación 1, en el que el grosor de dicho primer compartimento (214) de dilución es menor que el grosor de dicho segundo compartimento (216) de dilución.
10. El aparato de electrodesionización de la reivindicación 9, en el que el grosor de dicho primer compartimento (214) de dilución es alrededor de dos a cuatro veces menor que el grosor de dicho segundo compartimento (216) de dilución.
- 25 11. El aparato de electrodesionización de la reivindicación 9, en el que el grosor de dicho primer compartimento (214) de dilución es alrededor de cuatro a ocho veces menor que el grosor del segundo compartimento (216) de dilución.

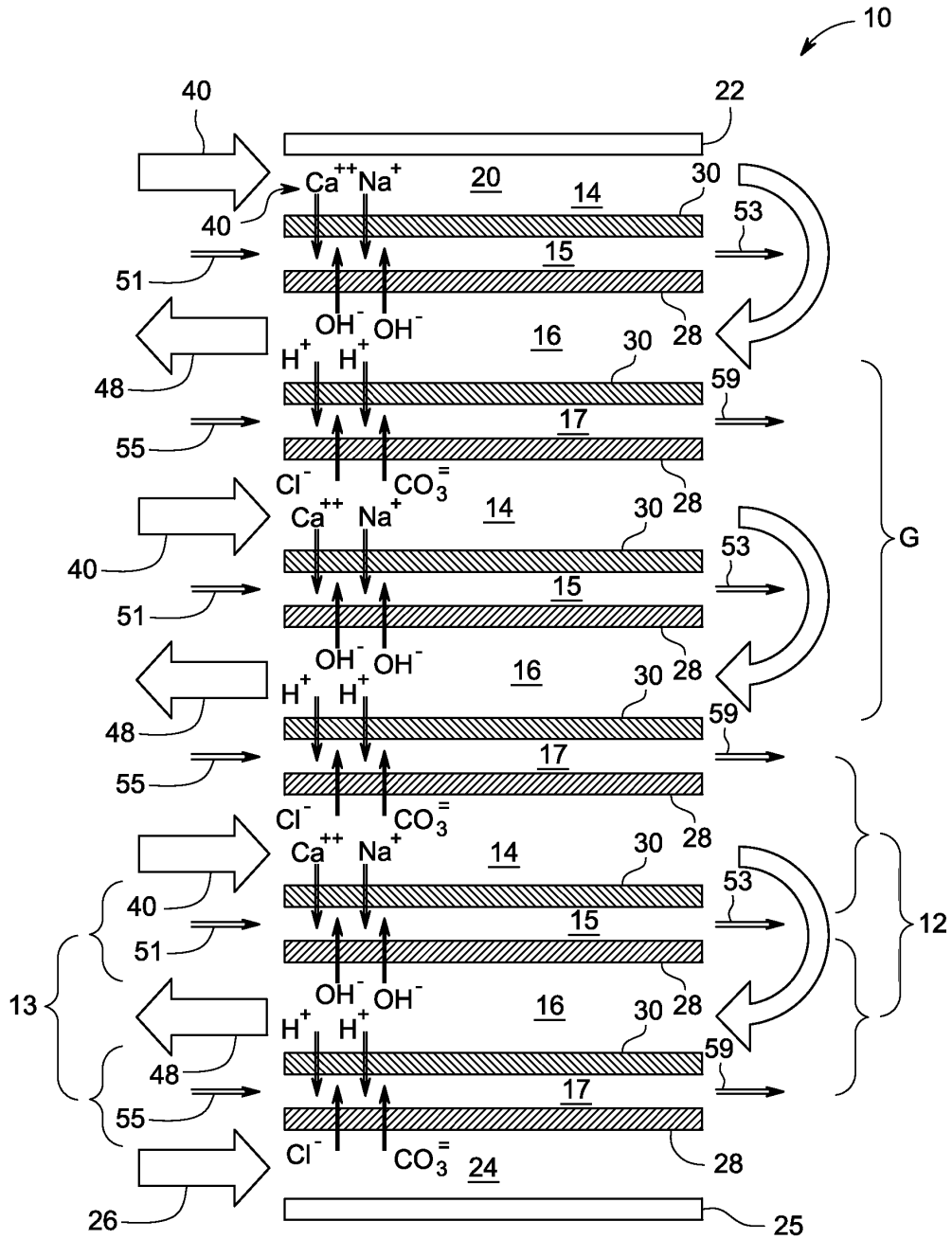


FIG. 1

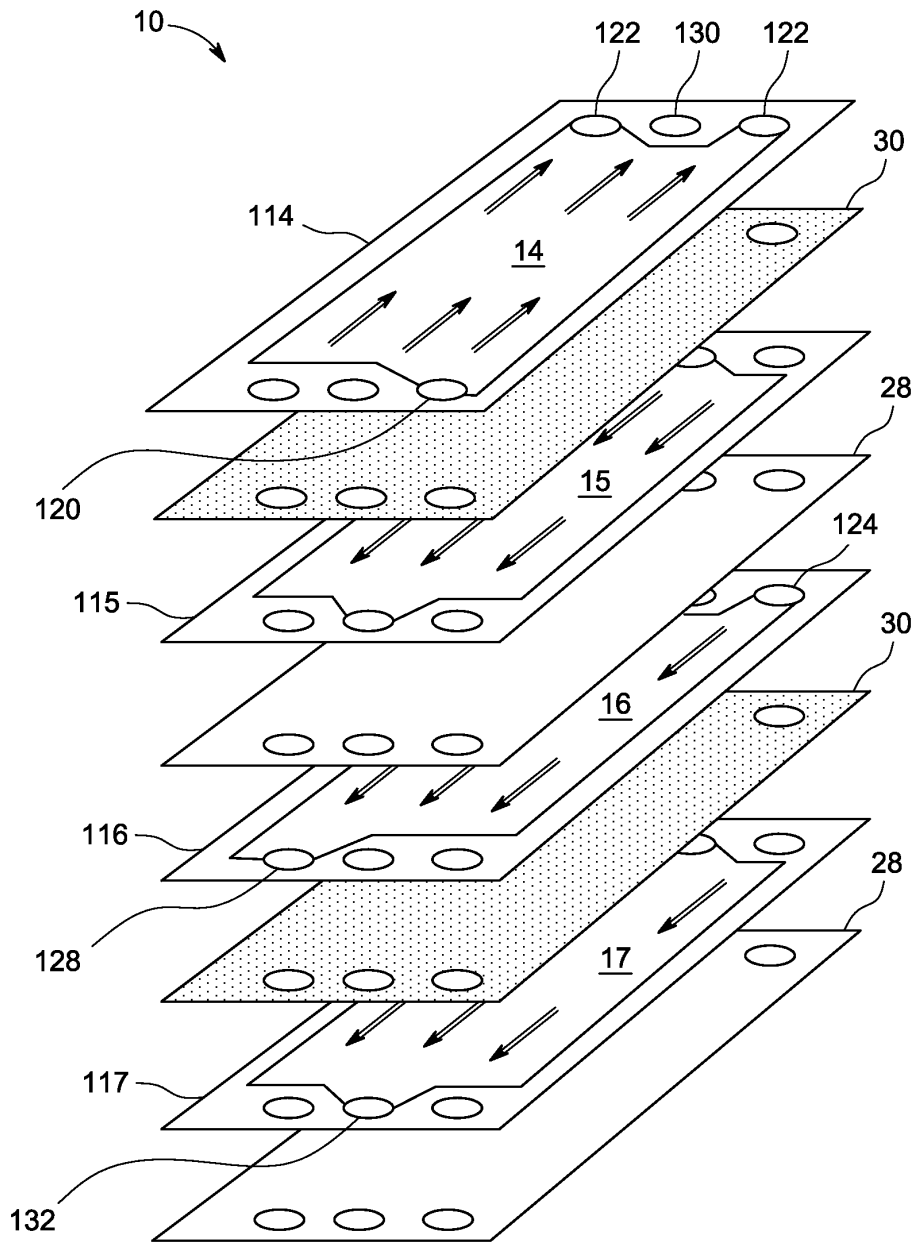


FIG. 2

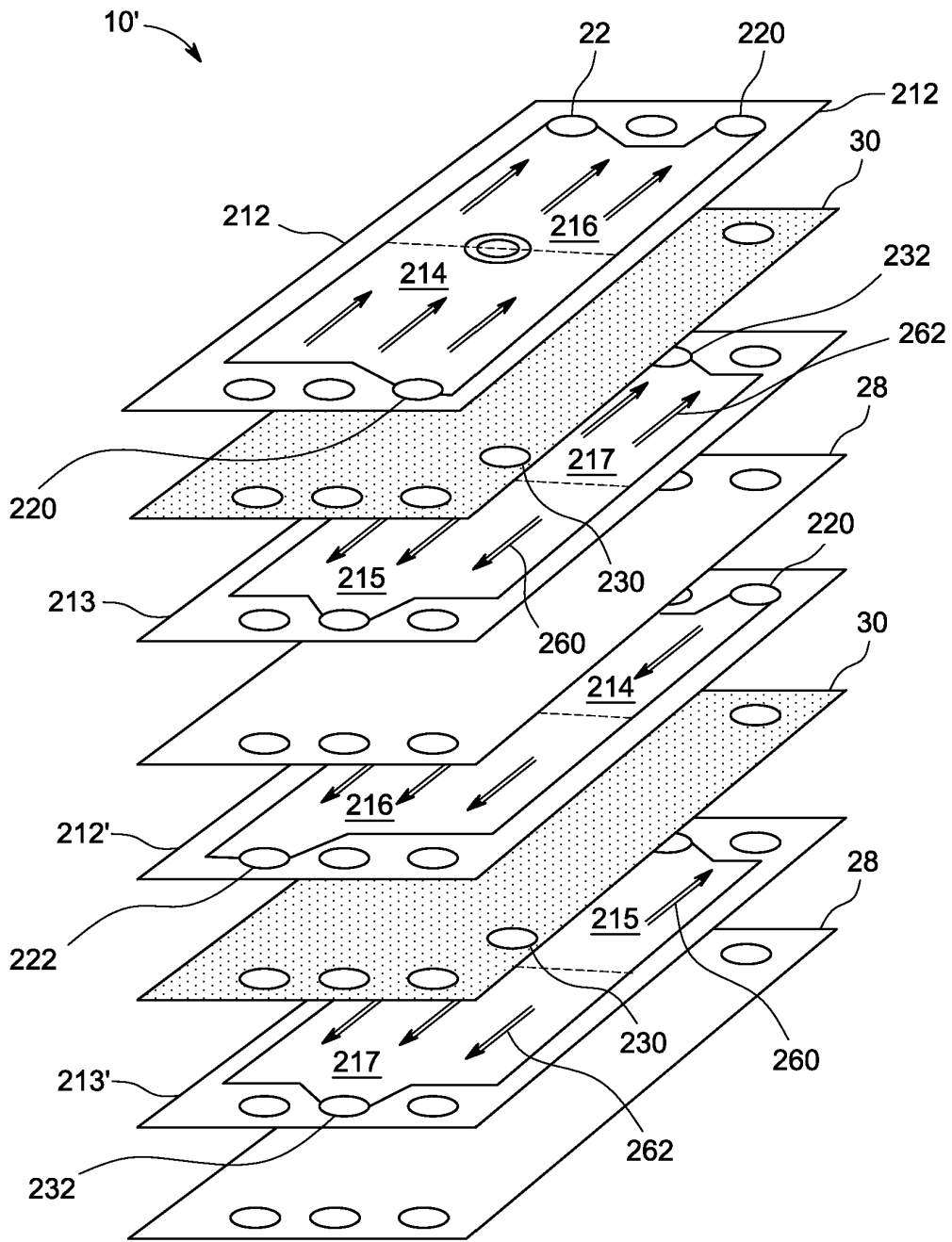


FIG. 3