

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 616 506**

51 Int. Cl.:

C02F 1/469 (2006.01)

C02F 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.07.2012 PCT/EP2012/064100**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.02.2013 WO2013017412**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.07.2012 E 12740117 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.11.2016 EP 2739573**

54 Título: **Dispositivo y proceso para la recuperación mejorada de agua desionizada**

30 Prioridad:

04.08.2011 IN MM22112011

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

13.06.2017

73 Titular/es:

UNILEVER N.V. (100.0%)

Weena 455

3013 AL Rotterdam, NL

72 Inventor/es:

ALENCERRY, TINTO JOHNICHAN y

RAJANARAYANA, VENKATARAGHAVAN

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 616 506 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 y proceso para la recuperación mejorada de agua desionizada

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un proceso y a un dispositivo para la recuperación mejorada de agua desionizada que se purifica usando el método de desionización capacitiva para la eliminación de sales disueltas a partir de agua.

10 Antecedentes de la invención

Una gran población de personas en el mundo viven en países en donde existe una grave escasez de agua potable higiénica. Un alto porcentaje de estas personas viven en zonas rurales y remotas en donde existen pocas, si acaso alguna, plantas municipales de tratamiento de agua potable. Las personas tienden a depender directamente de fuentes de agua subterráneas, como pozos, estanques y ríos.

El agua a partir de estas fuentes puede contener altos niveles de sales disueltas del orden de 500 a 3000 ppm, lo cual hace que el agua no sea adecuada para fines para beber. El agua con niveles de sales del orden de 500 a 1500 ppm tiene un sabor desagradable y el agua con niveles de sales más allá de 1500 ppm se denomina generalmente "agua salobre" y agua es relativamente imbebible. Niveles de sales de 50 hasta 300 ppm proporcionan un buen sabor y generalmente se aceptan por todos como agua potable buena.

La desionización capacitiva es una tecnología que es útil en la eliminación de sales. En esta tecnología, se permite que el agua que contiene sales fluya a través de un par de electrodos cargados de manera opuesta y los iones experimentan electrosorción sobre la superficie de los electrodos eliminando de ese modo la sal en el agua tratada. Se ha mostrado que esta tecnología elimina eficazmente la sal del agua con un consumo de energía significativamente inferior y con una recuperación significativamente superior.

Los documentos US 6127474 A (Andelman, 2000), US 7110242 B (C and T Company, 2006), US 6022436 A (Koslow Technologies Corporation, 2000), US 2005/0042513 A1 (Curran *et al*) y US 2006/0114643 A1 (Maxwell Technologies Inc) dan a conocer composiciones para uso en la tecnología de desionización capacitiva y dan a conocer composiciones con carbono activado junto con un aglutinante, por ejemplo, un polímero fibrilado y negro de carbono conductor en diversas proporciones y con varios tamaños de partícula.

El documento WO 09077276 A1 (Unilever, 2009) da a conocer una composición de electrodo para desionización capacitiva para la eliminación de sales disueltas a partir de agua y a un proceso para preparar la misma y al uso de tales sistemas en dispositivos de purificación de agua. Da a conocer un electrodo para desionización capacitiva de agua que comprende carbono activado, aglutinante polimérico termoplástico y negro de carbono conductor.

Durante el proceso de desionización capacitiva, parte del agua de alimentación se recoge como agua pura adecuada para beber con bajos niveles de las sales disueltas totales y otra parte del agua se desecha como desperdicio ya que los niveles de sal son superiores al nivel mencionado anteriormente. De ese modo la recuperación de agua pura en el proceso es baja.

Se han hecho intentos para mejorar la velocidad de recuperación de desionizador capacitivo.

Se hizo un intento de este tipo en el documento US 202167782 A1 (Andelman, 2002), que describe un capacitor de flujo pasante para desionizar o descontaminar un fluido. La solicitud da a conocer el uso de barrera de carga; que es una capa de material permeable o semipermeable, y que puede mantener una carga eléctrica, colocada adyacente a un electrodo de manera que esta barrera de carga compensa las pérdidas de volumen de poro provocadas por adsorción y expulsión de iones de volumen de poro. Esto proporciona un capacitor con eficiencia de energía e iónica mejorada. Sin embargo, en esta solicitud, no se da a conocer un sistema para recuperar o recircular la corriente de agua de desecho.

El documento US 207/0284313 A1 (Lee *et al.*) da a conocer un sistema de purificación de agua usando electrosorción. Esta solicitud enseña un aparato y método de purificación de agua basado en electrosorción, de tipo sumergido, que puede potenciar la eficiencia de desalinización y velocidad de recuperación y minimiza el consumo de energía mediante la eliminación eficaz del aire o gas que se adhiere a los electrodos. La solicitud da a conocer un aparato con uno o más de los reactores basados en electrosorción dispuestos en disposición en paralelo o en tándem y sumergidos en el baño de agua de almacenamiento/purificación de agua de flujo de entrada. La solicitud enseña la recirculación de una porción de la disolución de regeneración hacia el agua de flujo de entrada durante el ciclo de regeneración. Como este sistema sólo recircula la disolución de regeneración, no mejorará realmente la eficiencia del electrodo de ningún modo.

65 Sumario de la invención

De manera sorprendente, se ha encontrado ahora que un proceso mediante el cual el agua de desecho producida durante la purificación de agua mediante desionización capacitiva puede recircularse mejora la recuperación total y potencia la vida de los electrodos de la celda de desionización capacitiva.

5 Por tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un proceso para mejorar la recuperación de agua desionizada a partir de la corriente de agua de alimentación.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo para la recuperación mejorada de agua desionizada a partir de la corriente de agua de alimentación.

10 Aún otro objeto de la presente invención es potenciar la vida de los electrodos de una celda de desionización capacitiva.

15 Un objeto adicional de la presente invención es reducir el desperdicio de agua.

Por consiguiente, en un primer aspecto, se da a conocer un proceso para la recuperación mejorada de agua desionizada a partir de una corriente de agua de alimentación, que comprende las etapas de:

20 (i) suministrar la corriente de agua de alimentación a una celda de desionización capacitiva;

(ii) medir la concentración de sal del agua que sale de la celda de desionización capacitiva;

25 (iii) recoger el agua que sale de la celda, cuando la concentración de sal es menor que un punto de ajuste inferior predeterminado, para preparar agua purificada o rechazar el agua que sale de la celda cuando la concentración de sal es mayor que un punto de ajuste superior predeterminado;

en el que el agua que sale de la celda se recircula con la corriente de agua de alimentación cuando la concentración de sal del agua que sale de la celda está entre el punto de ajuste inferior y el punto de ajuste superior.

30 Según un segundo aspecto, se da a conocer un dispositivo para la recuperación mejorada de agua desionizada a partir de agua de alimentación, que comprende:

(i) medios para introducir agua de alimentación en una celda de desionización capacitiva;

35 (ii) un suministro de energía que puede aplicar ciclos cronometrados preprogramados de potenciales positivos, potenciales negativos y cortocircuito a la celda;

(iii) un medidor para medir la concentración de sal del agua que sale de la celda;

40 (iv) una válvula de solenoide aguas abajo del medidor;

(v) un procesador electrónico;

45 caracterizado porque la válvula es una válvula de cuatro vías y el procesador electrónico está programado para recibir el valor de concentración de sal del agua que sale de la celda desde dicho medidor, y accionar la válvula para separar el agua hacia una de tres corrientes, en donde la primera corriente es para la recogida de agua purificada cuando la concentración de sal está por debajo de un punto de ajuste inferior predeterminado, una segunda corriente para el rechazo del agua cuando la concentración de sal está por encima de un punto de ajuste superior predeterminado y una tercera corriente para la recirculación del agua de nuevo hacia la corriente de agua de alimentación de entrada cuando la concentración de sal está entre dicho punto de ajuste inferior y dicho punto de ajuste superior.

50 Estos y otros aspectos, características y ventajas resultarán evidentes para los expertos habituales en la técnica a partir de una lectura de la siguiente descripción detallada y las reivindicaciones adjuntas. La expresión "que comprende" pretende significar "que incluye" pero no necesariamente "que consiste en" o "compuesto por". En otras palabras, no es necesario que las opciones o etapas enumeradas sean exhaustivas. Se indica que los ejemplos/figuras proporcionados en la descripción a continuación pretenden aclarar la invención y no pretenden limitar la invención a esos ejemplos *per se*.

60 **Breve descripción de las figuras**

La figura 1 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de desionización de agua basado en celda de desionización capacitiva de recirculación según la presente invención.

65 La figura 2 es una representación esquemática de la válvula de solenoide de cuatro vías según la presente invención.

Descripción detallada de la invención

Método de desionización de agua

5 La invención proporciona un proceso para desionizar una corriente de agua de alimentación que comprende la etapa de suministrar la corriente de agua de alimentación a una celda de desionización capacitiva; medir la concentración de sal del agua que sale de la celda de desionización capacitiva y o bien preparar agua purificada o bien rechazar el agua o recircular el agua que sale de la celda de desionización capacitiva.

10 Dispositivo de desionización de agua

Se da a conocer un dispositivo para la recuperación mejorada de agua desionizada a partir de agua de alimentación, que comprende:

- 15 (i) medios para introducir agua de alimentación en una celda de desionización capacitiva;
- (ii) un suministro de energía que puede aplicar ciclos cronometrados preprogramados de potenciales positivos, potenciales negativos y cortocircuito a la celda;
- 20 (iii) un medidor para medir la concentración de sal del agua que sale de la celda;
- (iv) una válvula de solenoide aguas abajo del medidor;
- 25 (v) un procesador electrónico;

caracterizado porque la válvula es una válvula de cuatro vías y el procesador electrónico está programado para recibir el valor de concentración de sal del agua que sale de la celda desde dicho medidor, y accionar la válvula para separar el agua hacia una de las tres corrientes en donde la primera corriente es para la recogida de agua purificada cuando la concentración de sal está por debajo de un punto de ajuste inferior predeterminado, una segunda corriente para el rechazo del agua cuando la concentración de sal está por encima de un punto de ajuste superior predeterminado y una tercera corriente para la recirculación del agua de nuevo a la corriente de agua de alimentación de entrada cuando la concentración de sal está entre dicho punto de ajuste inferior y dicho punto de ajuste superior.

35 Medios para introducir agua de alimentación

El dispositivo según la invención incluye un medio para introducir agua de alimentación en una celda de desionización capacitiva. El medio para introducir agua de alimentación incluye preferiblemente un depósito o una fuente en línea de agua de alimentación y una bomba.

El agua de alimentación almacenada en un depósito puede alimentarse a la celda de desionización capacitiva o la celda de desionización capacitiva puede conectarse a una fuente en línea. La bomba suministra preferiblemente el agua de alimentación desde el depósito o fuente en línea a la celda de desionización capacitiva.

45 La bomba suministra el agua de alimentación a una velocidad de flujo de preferiblemente 1 a 1500 ml/minuto y más preferiblemente a una velocidad de flujo de 10 a 300 ml/minuto.

Celda de desionización capacitiva

50 El dispositivo incluye una celda de desionización capacitiva. La celda de desionización capacitiva incluye preferiblemente un par de electrodos, con los electrodos en un par colocados en paralelo y conectados a un potencial positivo y uno negativo. Un recinto rodea preferiblemente la celda de desionización capacitiva y proporciona que fluya agua dentro y fuera de la celda. El recinto preferiblemente también proporciona y realiza conexiones externamente a los electrodos en la celda.

Electrodo

60 El electrodo incluye preferiblemente una mezcla de carbono activado, aglutinante termoplástico y negro de carbono conductor que se moldea sobre un substrato de lámina de grafito a través de un proceso de tratamiento térmico. Preferiblemente, un electrodo del par de electrodos se conecta al potencial positivo y el otro del par de electrodos se conecta a un potencial negativo de un suministro de energía. Preferiblemente, puede disponerse una pluralidad de par de electrodos dentro de una celda.

65 Carbono activado

5 El carbono activado se selecciona preferiblemente de uno o más de carbón bituminoso, cáscara de coco, madera y alquitrán de petróleo. El área de superficie del carbono activado excede preferiblemente 500 m²/g, más preferiblemente excede 1000 m²/g. Preferiblemente, el carbono activado tiene un coeficiente de uniformidad de tamaño de menos de 2, más preferiblemente menos de 1,5; preferiblemente un número de tetracloruro de carbono que excede del 50%, más preferiblemente que excede del 60%.

10 El carbono activado tiene preferiblemente un índice de yodo mayor de 800, más preferiblemente mayor de 1000. El carbono activado tiene un tamaño de partícula en el intervalo de 75 a 300 micrómetros, preferiblemente desde 100 hasta 250 micrómetros.

10 Aglutinante termoplástico

15 El termino aglutinante termoplástico usado en el electrodo es preferiblemente un aglutinante que tiene una velocidad de flujo del fundido (MFR) menor de 5 g/10 minutos, más preferiblemente menor de 2 g/10 minutos, de manera adicional más preferiblemente menor de 1 g/10 minutos. La densidad aparente del aglutinante es preferiblemente menor o igual a 0,6 g/cm³, más preferiblemente menor o igual a 0,5 g/cm³ y de manera adicional más preferiblemente menor o igual a 0,25 g/cm³. La velocidad de flujo del fundido (MFR) se mide usando la prueba ASTM D 1238 (ISO 1133). La prueba mide el flujo de un polímero fundido a través de un plastómetro de extrusión en condiciones de temperatura y carga específicas.

20 El plastómetro de extrusión consiste en un cilindro vertical con una pequeña boquilla de 2 mm en el fondo y un pistón retirable en la parte superior. Se coloca una carga de material en el cilindro y se precalienta durante varios minutos. Se coloca el pistón sobre la parte superior del polímero fundido y su peso fuerza al polímero a través de la boquilla y sobre una placa de recogida. El intervalo de tiempo para la prueba oscila entre 15 segundos y 15 minutos con el fin de acomodar las diferentes viscosidades de los plásticos. Las temperaturas usadas son de 190, 220, 250 y 300°C (428, 482 y 572°F). Las cargas usadas son de 1,2, 5, 10 y 15 kg. Preferiblemente las pruebas se realizan a 190°C a 15 kg de carga. La cantidad de polímero recogida después de un intervalo específico se pesa y se normaliza al número de gramos que se habrían extruido en 10 minutos. La velocidad de flujo del fundido se expresa en gramos por tiempo de referencia.

30 El aglutinante es preferiblemente un polímero termoplástico que tiene los valores de MFR bajos descritos anteriormente. Los ejemplos adecuados incluyen polímero de peso molecular ultra alto preferiblemente polietileno, polipropileno y combinaciones de los mismos, que tienen estos valores de MFR bajos.

35 El peso molecular está preferiblemente en el intervalo de 10⁶ a 10⁹ g/mol. Aglutinantes de esta clase están comercialmente disponibles con los nombres comerciales HOSTALEN de Tycona GmbH, GUR, Sunfine (de Asahi, Japón), Hizex (de Mitsubishi) y de Brasken Corp (Brasil). Otros aglutinantes adecuados incluyen LDPE comercializado como Lupolen (de Basel Polyolefins) y LLDPE de Qunos (Australia).

40 El aglutinante termoplástico preferiblemente no es un polímero fibrilado, por ejemplo, politetrafluoroetileno (PtFE).

45 El tamaño de partícula del aglutinante termoplástico está preferiblemente en el intervalo de 20 a 60 micrómetros, preferiblemente mayor de 40 micrómetros. El aglutinante termoplástico está presente preferiblemente en del 8 al 30%, más preferiblemente en del 10 al 30%, de manera adicional más preferiblemente del 12 al 28% en peso del electrodo.

La razón de carbono activado con respecto a aglutinante está preferiblemente en el intervalo de 1:1 a 20:1, más preferiblemente en el intervalo de 1:1 a 10:1 partes en peso.

50 Negro de carbono conductor (CCB)

55 El negro de carbono es una forma de carbono elemental. La mayor parte del negro de carbono se produce por el proceso de horno de aceite a partir de hidrocarburos aromáticos, líquidos. Al seleccionar el negro de carbono para el electrodo, los factores claves a considerar son: área de superficie total y área de superficie de mesoporo, estructura y oxidación de superficie.

El negro de carbono conductor usado en el electrodo de la invención tiene preferiblemente un área de superficie total mayor de 500 m²/g.

60 El negro de carbono conductor tiene área de mesoporo mayor de 100 m²/g y más preferiblemente en el intervalo de 100 a 1000 m²/g.

65 La estructura del negro de carbono se caracteriza por un número de absorción de aceite (OAN). El negro de carbono comercialmente disponible tiene un OAN en el intervalo de desde 45 hasta 400 cc/100 gramos de negro. El negro de carbono conductor tiene preferiblemente un número de absorción de aceite (OAN) mayor de 100 cc/100 g, preferiblemente en el intervalo de 100 a 400 cc/10 g, más preferiblemente en el intervalo de 250 a 400 cc/100 g. El

ES 2 616 506 T3

negro de carbono conductor tiene un bajo contenido en oxígeno quimiosorbido sobre sus superficies.

5 Pueden procurarse grados adecuados de negro de carbono de TIMCAL Graphite 5 Carbon (grados: Ensaco 250G, Ensaco 350) o de Cabot Corporation (grados: Regal, Black Pearl 2000, Vulcan) o de EVONOVIK (Grado: PRINTEX XE-2), o de AKZO NOBEL (Ketjen Black).

Suministro de energía

10 El suministro de energía es preferiblemente un sistema de suministro de energía de CC programable para suministrar voltaje de CC con intervalo de voltaje de 0 V a 5V, 100 W y para aplicar ciclos cronometrados preprogramados de potenciales positivos, potenciales negativos y cortocircuito a la celda.

15 Se aplica un potencial positivo a través de los electrodos de la celda de desionización capacitiva durante el ciclo de purificación y se aplica un potencial negativo durante el ciclo de regeneración. Se aplican dos estados de cortocircuito (S1) y (S2) uno antes (S1) y uno después (S2) de aplicar el potencial negativo en el ciclo de regeneración. El voltaje aplicado a través de los electrodos de la celda de desionización capacitiva durante el ciclo de purificación es preferiblemente de desde 0,1 hasta 5 V, más preferiblemente desde 0,8 hasta 3,5 V y todavía más preferiblemente desde 1,0 hasta 2,5 V. El voltaje negativo aplicado a través de los electrodos durante el ciclo de regeneración es preferiblemente de desde -0,1 hasta -5 V, más preferiblemente desde -0,8 hasta -3,5 V y todavía más preferiblemente desde -1,0 hasta -2,5 V.

20 La duración del potencial positivo es preferiblemente de desde 60 hasta 1200 segundos. La duración del potencial negativo es preferiblemente de desde 10 hasta 300 segundos. La duración del estado de cortocircuito (S1) antes del ciclo de regeneración es preferiblemente de desde 2 hasta 60 segundos y para el estado de cortocircuito (S2) después del ciclo de regeneración es preferiblemente de desde 5 hasta 1500 segundos.

Medidor

30 El dispositivo según la invención incluye un medidor para medir la concentración de sal del agua que sale de la celda. La concentración de sal se mide preferiblemente usando un medidor de conductividad. Se sitúa preferiblemente un primer medidor de conductividad antes de la celda de desionización capacitiva y mide la concentración de sal de la corriente de agua de alimentación. Se sitúa preferiblemente un segundo medidor de conductividad después de la celda de desionización capacitiva y mide la concentración de sal de la corriente de agua de salida de la celda de desionización capacitiva.

35 El medidor de conductividad está conectado preferiblemente a un procesador electrónico. El procesador electrónico recibe la señal eléctrica del medidor de conductividad.

40 El procesador electrónico convierte la señal eléctrica del medidor de conductividad en un valor de concentración de sólidos disueltos totales (TDS).

La conductividad se mide preferiblemente a intervalos regulares de 1 segundo controlados por el procesador electrónico.

Válvula de solenoide

50 El dispositivo según la invención incluye una válvula de solenoide aguas abajo del medidor; la válvula de solenoide es una válvula de cuatro vías. La válvula de solenoide separa el agua hacia una de tres corrientes, en donde la primera corriente es para la recogida de agua purificada cuando la concentración de sal está por debajo de un punto de ajuste inferior predeterminado, una segunda corriente para el rechazo del agua cuando la concentración de sal está por encima de un punto de ajuste superior predeterminado y una tercera corriente para la recirculación del agua de nuevo hacia la corriente de agua de alimentación de entrada cuando la concentración de sal está entre dicho punto de ajuste inferior y dicho punto de ajuste superior.

55 La válvula de solenoide tiene preferiblemente un puerto de entrada para recibir agua desde el segundo medidor de conductividad, un puerto de agua de reflujo de salida para recircular la tercera corriente hacia la corriente de agua de alimentación, un puerto de agua de desecho de salida para rechazar la segunda corriente y un puerto de agua pura de salida para recoger la primera para preparar el agua purificada.

60 La apertura y el cierre de los puertos relevantes de la válvula de solenoide se controlan mediante el procesador electrónico.

65 El procesador electrónico abre el puerto de agua de reflujo de salida de la válvula de solenoide cuando la corriente de agua de alimentación de salida desde la celda de desionización capacitiva tiene un valor de concentración de TDS entre el punto de ajuste superior y el punto de ajuste inferior. El procesador electrónico abre el puerto de agua de desecho de salida cuando la corriente de agua de alimentación de salida de la celda de desionización capacitiva

tiene una concentración de TDS superior al punto de ajuste superior. El procesador electrónico abre el puesto de agua pura de salida cuando la corriente de agua de alimentación de salida de la celda de desionización capacitiva tiene una concentración de TDS por debajo del punto de ajuste inferior. Las válvulas de salida anteriores se abren mientras se mantienen las otras dos válvulas de salida cerradas.

5 Procesador electrónico

El dispositivo según la invención incluye un procesador electrónico. El procesador electrónico acciona la válvula de solenoide para separar el agua en una de las tres corrientes. El procesador electrónico está conectado preferiblemente con el primer medidor de conductividad, el segundo medidor de conductividad, la válvula de solenoide y el suministro de energía.

10 El procesador electrónico está preprogramado con un punto de ajuste superior y un punto de ajuste inferior para el valor de concentración de sólidos disueltos totales.

15 El punto de ajuste superior es preferiblemente mayor de 500 ppm y preferiblemente menor de 1500 ppm. El punto de ajuste superior preferiblemente no es mayor que la concentración de sal de la corriente de agua de alimentación.

20 El punto de ajuste inferior es preferiblemente menor de 300 ppm. Más preferiblemente, menor de 200 ppm. El punto de ajuste inferior es preferiblemente mayor de 100 ppm.

El procesador electrónico controla la apertura del puerto específico de la válvula de solenoide basándose en el valor de concentración de TDS de entrada y salida medido y los puntos de ajuste superior e inferior predeterminados de la concentración de sólidos disueltos totales (TDS).

25 La invención se ejemplificará ahora con las siguientes figuras no limitativas.

Descripción detallada de las figuras

30 La figura 1 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de desionización de agua basado en celda de desionización capacitiva de recirculación según la presente invención. El agua (1) de alimentación de concentración de iones conocida determinada por un primer medidor (3) de conductividad situado antes de una celda (4) de desionización capacitiva se bombea mediante una bomba (2) desde el depósito/fuente en línea de agua de alimentación a través de una celda (4) de desionización capacitiva que tiene un electrodo negativo para absorber cationes y un electrodo positivo para absorber aniones (no mostrado en esta figura). La concentración de iones del agua de salida que sale de la celda de desionización capacitiva se determina mediante un segundo medidor (5) de conductividad situado entre la celda (4) de desionización capacitiva y una válvula (6) de solenoide de cuatro vías. Un procesador (7) electrónico recibe la señal eléctrica desde el medidor de conductividad primero (3) y segundo (5) y convierte esta señal en un valor de concentración de TDS. El procesador (7) electrónico está preprogramado con el punto de ajuste superior y punto de ajuste inferior predeterminados del valor de concentración de TDS. El procesador electrónico compara las concentraciones de TDS medidas del agua que sale del segundo medidor (5) de conductividad con los niveles preprogramados y controla la apertura y cierre de los puertos de la válvula (6) de solenoide de cuatro vías.

45 La figura 2 es una representación esquemática de la válvula de solenoide de cuatro vías según la presente invención. La corriente de agua de alimentación de salida de la celda de desionización capacitiva con un valor de concentración de iones medido entra en la válvula de cuatro vías a través del puerto (8) de entrada. Cuando el valor de concentración de TDS del agua que entra en el puerto (8) de entrada es mayor que el punto de ajuste superior predeterminado, el procesador (7) electrónico abre el puerto (10) de agua de desecho de salida de la válvula de solenoide. Cuando la concentración de TDS del agua que entra en el puerto (8) de entrada está por debajo del punto de ajuste inferior predeterminado, el procesador (7) electrónico envía una señal para abrir el puerto (11) de agua pura de salida de la válvula de solenoide.

50 Cuando la concentración de iones del agua que entra en el puerto (8) de entrada está entre el punto de ajuste inferior predeterminado y el punto de ajuste superior predeterminado, el procesador (7) electrónico envía una señal para abrir el puerto (9) de agua de reflujo de salida de la válvula de solenoide.

Ejemplos

60 Ejemplo 1

Se fabricó un dispositivo para la recuperación mejorada de agua desionizada según la presente invención tal como se muestra en la figura 1, y se usó para determinar la recuperación de agua. Se preparó el electrodo de la celda de desionización capacitiva mezclando carbono activado en polvo, polietileno de alta densidad y un negro de carbono conductor (Ensaco 350G de TIMCAL) en una razón de 7.2:1 y se moldeó sobre un sustrato de grafito a través de un proceso de tratamiento térmico. Se colocó un par de electrodos circulares (15 cm de diámetro) dentro de un

recinto con una provisión para que se alimentara agua a través de los electrodos y se aplicara potencial al mismo a partir del suministro de energía. Esto formó la celda de desionización.

5 Se conectó la celda de desionización al sistema de suministro de energía de CC para suministrar voltaje de CC a través del electrodo positivo y negativo. Se aplicó un potencial positivo de 3,2 voltios durante 10 minutos a través de los electrodos durante el ciclo de purificación, se administraron dos ciclos de cortocircuito durante 5 minutos y un potencial negativo de 3,2 voltios durante 2 minutos durante el ciclo de regeneración. Se alimentó la corriente de agua de alimentación desde el depósito hacia la celda de desionización capacitiva mediante una bomba peristáltica a una velocidad de flujo de 10 ml/min. Se midió la concentración de sal de la corriente de agua de alimentación
10 mediante el primer medidor de conductividad. El valor de concentración de sólidos disueltos totales (TDS) de la corriente de agua de alimentación fue de 600 ppm. La corriente de agua de alimentación entró en la celda de desionización capacitiva radialmente y salió de la celda de desionización desde el centro del electrodo superior.

15 Se programó el procesador electrónico a un punto de ajuste inferior predeterminado para el valor de concentración de TDS a 200 ppm y un punto de ajuste superior de valor de concentración de TDS a 600 ppm.

20 En el ejemplo A durante el ciclo de purificación, se preprogramó el procesador electrónico para abrir el puerto de agua de desecho de salida cuando el valor de concentración de TDS del agua que sale de la celda de desionización capacitiva estuviera por encima de 200 ppm y para abrir el puerto de agua pura de salida cuando el valor de concentración de TDS del agua que deja la celda de desionización capacitiva estuviera por debajo de 200 ppm. El puerto de agua de reflujo de salida estaba cerrado durante el ciclo completo.

25 El ejemplo B fue similar al ejemplo A, excepto porque durante el ciclo de purificación, se preprogramó el procesador electrónico para abrir el puerto de agua de reflujo de salida cuando el valor de concentración de TDS del agua que sale de la celda de desionización capacitiva estuviera entre 200 ppm y 600 ppm. Se abrió el puerto de agua pura de salida cuando el valor de concentración de TDS del agua que sale de la celda de desionización capacitiva estaba por debajo de 200 ppm y se abrió el puerto de agua de desecho de salida cuando el valor de concentración de TDS estaba por encima de 600 ppm.

30 Se calculó la recuperación al final de un ciclo completo usando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de recuperación} = (\text{volumen de agua purificada} / \text{volumen de agua de alimentación}) \times 100$$

35 Los datos de % de recuperación se proporcionan en la tabla 1.

Tabla 1

Ejemplo	% de recuperación de 1º ciclo	% de recuperación de 20º ciclo	% de recuperación de 30º ciclo	% de recuperación de 37º ciclo	% de recuperación promedio para 37 ciclos
A	39,3	30	0	0	18,6
B	40,6	45	35	37	39,5

40 Este conjunto de ejemplos muestra claramente que el agua de desionización usando la celda de desionización capacitiva según la presente invención (ejemplo B) proporciona una mejor recuperación en comparación con el ejemplo comparativo A.

Tabla 2

Ejemplo	Número de ciclos durante los cuales la recuperación >0%	Duración total de los ciclos con recuperación > 0% (en horas)
A	31 ciclos	8,8 horas
B	>37 ciclos	>10,5 horas

45 La tabla 2 muestra que el agua de desionización que usa la celda de desionización capacitiva según la presente invención (ejemplo B) proporciona una vida más larga a los electrodos cuando se compara con el ejemplo comparativo A.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la recuperación mejorada de agua desionizada a partir de una corriente de agua de alimentación, que comprende:
- 5 (i) medios para introducir una corriente de agua de alimentación en una celda de desionización capacitiva;
- (ii) un suministro de energía que puede aplicar ciclos cronometrados preprogramados de potenciales positivos, potenciales negativos y cortocircuito a la celda;
- 10 (iii) un medidor para medir la concentración de sal del agua que sale de la celda;
- (iv) una válvula de solenoide aguas abajo del medidor;
- 15 (v) un procesador electrónico;
- caracterizado porque la válvula es una válvula de cuatro vías y el procesador electrónico está programado para recibir el valor de concentración de sal del agua que sale de la celda desde dicho medidor y accionar la válvula para separar el agua hacia una de tres corrientes, en donde la primera corriente es para la recogida de agua purificada cuando la concentración de sal está por debajo de un punto de ajuste inferior predeterminado, una segunda corriente para el rechazo del agua cuando la concentración de sal está por encima de un punto de ajuste superior predeterminado y una tercera corriente para la recirculación del agua de nuevo hacia la corriente de agua de alimentación de entada cuando la concentración de sal está entre dicho punto de ajuste inferior y dicho punto de ajuste superior.
- 20
- 25 2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que dicho punto de ajuste superior no es mayor que la concentración de sal de la corriente de agua de alimentación.
- 30 3. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, en el que el punto de ajuste superior es mayor de 500 ppm.
4. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el punto de ajuste superior es menor de 1500 ppm.
- 35 5. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el punto de ajuste inferior es menor de 300 ppm.
6. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el punto de ajuste inferior es mayor de 100 ppm.
- 40 7. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho medidor es un medidor de conductividad.

Fig. 1

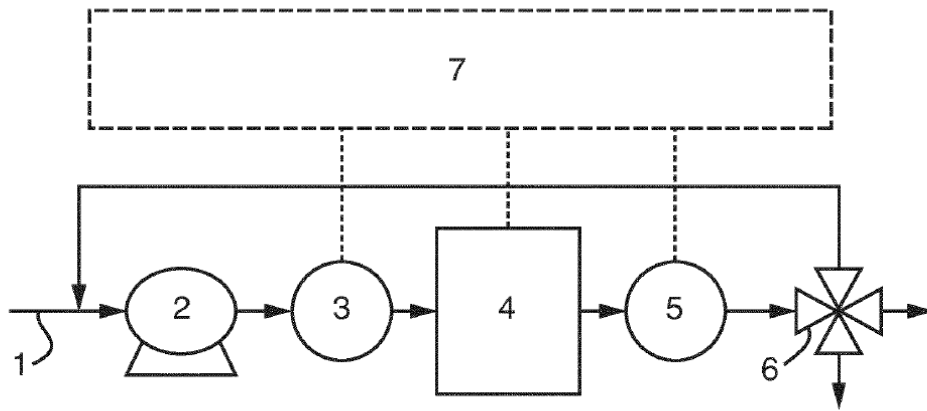


Fig. 2

