

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 642 899**

51 Int. Cl.:

C02F 1/461 (2006.01)

C02F 1/467 (2006.01)

C25B 11/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.12.2013 PCT/US2013/073797**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.06.2014 WO14099434**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2013 E 13812370 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.08.2017 EP 2935125**

54 Título: **Sistema y método de tratamiento electroquímico de agua**

30 Prioridad:

20.12.2012 CN 20121055996

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

20.11.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**XIA, ZIJUN;
HUANG, QUNJIAN;
SUI, CHIHU, CAROLINE;
FANG, JIANHUA y
XIE, XIAOAN**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 642 899 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

Sistema y método de tratamiento electroquímico de agua

Antecedentes

Esta invención se refiere, en general, a sistemas y métodos de tratamiento de agua.

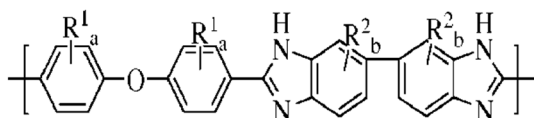
- 5 Un artículo titulado "synthesis of novel sulfonated polybenzimidazole and preparation of cross-linked membranes for fuel cell application", POLYMER Volumen 48, expedición 19, 10 de septiembre de 2007, páginas 5556-5564, describe que el poli[2,20-(p-oxidifenileno)-5,50-benzimidazol] sulfonado (OFBIS), preparado por reacción de post-sulfonación del polímero precursor, poli[2,20-(p-oxidifenileno)-5,50-benzimidazol] (OFBI), puede usarse en
10 membranas para pilas de combustible. Las pilas de combustible son dispositivos que convierten energías químicas de combustibles en electricidad mediante reacciones químicas y las membranas son componentes individuales separados de los electrodos de las pilas de combustible.

- De otro modo, las células electrolíticas son celdas electroquímicas en las que se usan las energías de las tensiones aplicadas para llevar a cabo reacciones de otro modo no espontáneas y, como se describe en la publicación de la solicitud de patente internacional núm. WO 2008/035092 A1, a veces se usan en sistemas y métodos de tratamiento
15 del agua, por ejemplo, para producir hipoclorito, tal como hipoclorito de sodio e hipoclorito de potasio, para controlar los niveles de microorganismos en sistemas de circulación de aguas. En la actualidad, los sistemas y métodos de tratamiento de agua disponibles no son satisfactorios en la productividad de hipoclorito y el consumo de energía de la celda electrolítica. Por lo tanto, hay una necesidad de sistemas y métodos de tratamiento de agua nuevos y/o mejorados.

- 20 La patente de EE. UU. 4722773 describe una celda electroquímica con un electrodo laminar de difusión de gas con capas hidrófilas e hidrófobas. La patente europea EP 2172581 describe un dispositivo electrolítico para la generación de disoluciones acuosas de ácido hipohaloso.

Breve descripción

- 25 En un aspecto, un sistema de tratamiento de agua comprende una celda electrolítica que comprende: un primer electrodo; un segundo electrodo que comprende un recubrimiento de un polímero que comprende unidades estructurales de fórmula I:



- 30 I y una fuente de energía para proporcionar energía al primer y al segundo electrodo; en la que R^1 es independientemente en cada caso un radical alquilo C_1-C_6 o $-SO_3H$; R^2 es independientemente en cada caso un radical alquilo C_1-C_6 ; a es independientemente en cada caso un número entero que oscila de 0 a 4 y b es independientemente en cada caso un número entero que oscila de 0 a 3.

- 35 En otro aspecto, se proporciona un método y comprende: hacer pasar una corriente eléctrica por una disolución acuosa de un electrólito; oxidar al menos una porción de los aniones de la disolución acuosa para producir productos de oxidación; reducir al menos algo de gas oxígeno para producir iones hidróxido; transportar los iones hidróxido próximos a los productos de oxidación por un recubrimiento de polímero de fórmula I para que reaccionen con los productos de oxidación y los cationes de la disolución acuosa para producir hipoclorito y proporcionar hipoclorito al agua para controlar los niveles de microorganismos.

40 Breve descripción de los dibujos

Los anteriores y otros aspectos, características y ventajas de la presente descripción serán más evidentes a la luz de la siguiente descripción detallada cuando se tome junto con los dibujos adjuntos en los que:

La FIG. 1 es un dibujo esquemático de un sistema de tratamiento de agua según una realización de la presente invención y

- 45 La FIG. 2 es una vista esquemática de corte transversal de la celda electrolítica usada en el sistema de tratamiento de agua de la FIG. 1.

Descripción detallada

Las realizaciones preferidas de la presente descripción se describirán a continuación con referencia a los dibujos adjuntos. En la siguiente descripción, no se describen funciones o construcciones conocidas con detalle para evitar

complicar la descripción con un detalle innecesario.

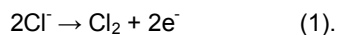
Según las realizaciones de la presente invención, el sistema de tratamiento de agua podía ser cualquier sistema de tratamiento de agua que controle los niveles de microorganismos en el agua. La FIG. 1 ilustra un sistema 150 de tratamiento de agua según una realización de la presente invención. El sistema 150 de tratamiento de agua comprende una celda 20 electrolítica, una tubería 152 de entrada, una tubería 154 de salida y una unidad 156 aguas abajo.

Referido también a la FIG. 2, la celda 20 electrolítica comprende un primer electrodo 22, un segundo electrodo 24 y una fuente 100 de energía. En la realización ilustrada, la celda 20 electrolítica comprende una cámara 26 de líquido y una cámara 28 de gas.

La fuente 100 de energía puede ser una fuente de corriente eléctrica CC o CA que fluye por un circuito electrolítico. La cámara 26 de líquido está situada entre el primer electrodo 22 y el segundo electrodo 24 y se adapta para recibir una disolución acuosa de un electrólito que contiene aniones y cationes de la tubería 152 de entrada. Por ejemplo, la disolución acuosa es una disolución de cloruro de sodio que contiene aniones cloruro y cationes sodio o una disolución de cloruro de potasio que contiene aniones cloruro y cationes potasio. Los iones en la disolución acuosa transfieren la corriente eléctrica entre el primer electrodo 22 y el segundo electrodo 24 para completar el circuito electrolítico. La cámara 26 de líquido no requiere una membrana selectivamente permeable.

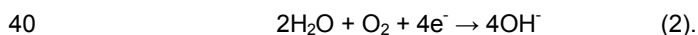
La cámara 28 de gas está en comunicación de fluido con el segundo electrodo 24. La cámara 28 de gas se adapta para recibir y transferir un gas que presenta al menos algo de oxígeno, por ejemplo, gas oxígeno puro o una mezcla de gases que contiene al menos algo de oxígeno, tal como aire. La cantidad de oxígeno no está limitada, siempre que sea suficiente para las reacciones expuestas a continuación. En algunas realizaciones, la cantidad de oxígeno es al menos dos veces la del volumen estequiométrico necesario para la reacción.

El primer electrodo 22 incluye un sustrato de electrodo constituido por titanio o una aleación de titanio. El primer electrodo 22 es generalmente de forma plana con un primer lado 21 y un segundo lado 23. El segundo lado 23 está en comunicación de fluido con la cámara 26 de líquido. Cuando se completa el circuito electrolítico, el primer electrodo oxida los aniones, por ejemplo, los iones cloruro de la disolución de cloruro de sodio, para producir productos de oxidación, gas cloruro y electrones:

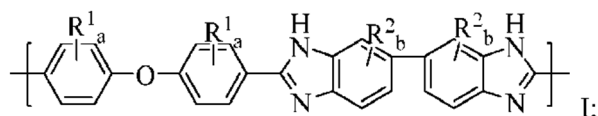


El segundo electrodo 24 es en general plano, con una primera superficie 25 y una segunda superficie 27. La primera superficie 25 está en comunicación de fluido con la cámara 26 de líquido y la segunda superficie 27 está en comunicación de fluido con la cámara 28 de gas. El segundo electrodo 24 presenta un colector de corriente (no mostrado) constituido por una malla de titanio. El colector de corriente conduce la corriente eléctrica de la fuente 100 de energía a la parte reactiva del segundo electrodo 24. La parte reactiva del segundo electrodo 24 es un sustrato de carbono activado de alta superficie situado entre la primera superficie 25 y la segunda superficie 27.

La primera superficie 25 es agua permeable para permitir que el agua de la cámara 26 de líquido penetre el sustrato de carbono activado. La segunda superficie 27 es permeable a gas que permite que el gas penetre el sustrato de carbón activado de la cámara 28 de gas. En el interior del sustrato de carbono activado del segundo electrodo 24, el gas oxígeno reacciona con el agua líquida:



Los iones hidróxido producidos por la reacción se mueven desde la fase sólida del segundo electrodo 24 a la cámara 26 de líquido por un recubrimiento 30 de un polímero que comprende unidades estructurales de fórmula:

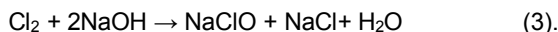


en la que R^1 es independientemente en cada caso un radical alquilo C_1-C_6 o $-SO_3H$; R^2 es independientemente en cada caso un radical alquilo C_1-C_6 ; a es independientemente en cada caso un número entero que oscila de 0 a 4 y b es independientemente en cada caso un número entero que oscila de 0 a 3.

En algunas realizaciones, $b=0$, $a=0$ y el polímero que comprende unidades estructurales de fórmula I es poli[2,20-(p-oxidifenil)-5,50-benzimidazol] (OFBI) preparado, en algunas realizaciones, por la condensación de diamina y derivados de ácido benzoico en presencia de un catalizador y un disolvente con calentamiento. Los ejemplos del catalizador incluyen, pero no se limitan a, P_2O_5 , poli(ácidos fosfóricos) y ácido sulfúrico concentrado. Los ejemplos del disolvente incluyen, pero no se limitan a, ácido metanosulfónico, ácido trifluorometanosulfónico, ácido 4-

(trifluorometil)bencenosulfónico, óxido de dimetilazufre, acetato de dimetilamida, dimetilformamida. La temperatura de calentamiento puede estar en un intervalo de desde aproximadamente 50 °C a aproximadamente 300 °C, se prefiere de aproximadamente 120 °C a aproximadamente 180 °C.

- 5 En algunas realizaciones, $b=0$, $a=1$, R^1 es $-\text{SO}_3\text{H}$ y el polímero que comprende unidades estructurales de fórmula I es poli[2,20-(p-oxidifenil)-5,50-bibenzimidazol] sulfonado (OFBIS) preparado por la reacción de post-sulfonación del polímero OFBI, usando ácido sulfúrico concentrado y fumante, como reactivo de sulfonación a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 25°C a aproximadamente 200°C y se prefiere en un intervalo de aproximadamente 50°C a aproximadamente 100°C. El grado de sulfonación no está limitado y puede ser tan alto como 100% ajustando las condiciones de reacción.
- 10 Según realizaciones de la presente invención, el polímero que comprende unidades estructurales de fórmula I se recubre en la primera superficie 25. El recubrimiento 30 puede formarse por las siguientes etapas: mezclar una disolución del polímero que comprende unidades estructurales de fórmula I, por ejemplo, uno o más cualesquiera de dimetilsulfóxido (DMSO), N-metilpirrolidona (NMP), dimetilformamida (DMF) y dimetilacetamida (DMAc), con una disolución de hidróxido de sodio, por ejemplo, en uno o más de etanol, metanol y alcohol isopropílico, para preparar una disolución de recubrimiento; aplicar la disolución de recubrimiento a la primera superficie 25; poner el segundo electrodo 24 en vacío y secar el segundo electrodo 24. Se puede filtrar la disolución de recubrimiento por un filtro de politetrafluoroetileno (PTFE) y desgasificar a presión reducida antes de aplicarse a la primera superficie 25. En algunas realizaciones, el segundo electrodo 24 puede lavarse usando agua después de secar para retirar el disolvente residual, si hay.
- 20 En algunas realizaciones, el segundo electrodo 24 puede sumergirse en una disolución del polímero OFBIS y un agente de reticulación adecuado tal como reactivo de Eaton (disolución de pentóxido de fósforo en ácido metanosulfónico en la relación en peso de 1:10) a aproximadamente 50~150 °C durante 10~60 minutos para que se recubra con polímero OFBIS reticulado con una mejor resistencia mecánica y una relación de hinchamiento más pequeña.
- 25 El recubrimiento 30 transporta iones hidróxido fuera del sustrato de carbono activado del segundo electrodo 24 y a la cámara 26 de líquido. En la cámara 26 de líquido, cuando se usa una disolución acuosa de electrólito de cloruro de sodio, tiene lugar una reacción como:



- 30 Esta reacción produce hipoclorito de sodio y una disolución de cloruro de sodio.
- En algunas realizaciones, el segundo lado 23 está muy próximo a la superficie del recubrimiento 30 haciendo las dimensiones de la cámara 26 de líquido muy pequeñas. Esta pequeña cámara 26 de líquido es suficientemente grande para permitir el flujo de fluidos a, y los productos de reacción fuera de, la celda 20 electrolítica. Esta característica opcional puede mejorar la eficacia de la reacción (3) de antes.
- 35 En algunas realizaciones, el gas dentro de la cámara 28 de gas puede ser aire y puede contener gases traza tales como dióxido de carbono, helio, hidrógeno y similares. En algunas realizaciones, la presencia de dióxido de carbono en la cámara 28 de gas puede requerir un tratamiento de ablandamiento del agua (no mostrado) de la disolución acuosa previo a la introducción en la cámara 26 de líquido. El ablandamiento del agua reduce o elimina iones de la dureza del agua tales como calcio, magnesio, potasio, estroncio y bario. El tratamiento de ablandamiento del agua evita la reacción del dióxido de carbono con los iones de la dureza del agua, que puede conducir a la formación de iones carbonato y sales indeseables en el segundo electrodo 24.
- 40 Los iones carbonato y las sales pueden disminuir la velocidad de difusión de los gases, que reduce la eficacia del segundo electrodo 24. Además, los iones carbonato pueden reducir o competir con el transporte de iones hidróxido por el recubrimiento 30.
- 45 En algunas realizaciones, se recubre un recubrimiento de catalizador de óxido de metal (no mostrado) en al menos el segundo lado 23 del primer electrodo 22 que comunica con la cámara 26 de líquido. El recubrimiento de catalizador de óxido de metal puede ser óxido de rutenio, óxido de iridio y similares. El recubrimiento de catalizador de óxido de metal aumenta la eficacia de la oxidación de los iones cloruro para producir gas cloro y electrones, véase la ecuación (1) anterior.
- 50 En algunas realizaciones, el sustrato de carbono activado del segundo electrodo 24 contiene partículas catalíticas. Las partículas catalíticas adecuadas se seleccionan de dióxido de platino, rutenio, iridio, rodio y manganeso y similares. Las partículas catalíticas aumentan la eficacia del ión hidróxido que produce la reacción (2) de antes.

- 55 En algunas realizaciones, el colector de corriente del segundo electrodo 24 se hace de malla de níquel o una malla constituida por aleación de titanio y níquel conductora. Opcionalmente, puede colocarse un recubrimiento de PTFE en la segunda superficie 27 del segundo electrodo 24 para proporcionar una barrera hidrófoba a la cámara 28 de gas.

En algunas realizaciones, al menos dos celdas 20 electrolíticas pueden colocarse en serie de manera que la disolución acuosa fluya desde una celda 20 electrolítica a la siguiente. Esta disposición en serie puede aumentar la producción de hipoclorito.

5 En algunas realizaciones, la celda 20 electrolítica puede incluir un espaciador (no mostrado) entre el primer y el segundo electrodo 22, 24 y un par de placas terminales (no mostrado) para encerrar los electrodos 22, 24 y el espaciador en medio.

10 En la operación, se introduce un fluido electrolítico, por ejemplo, disolución de cloruro de sodio, por la tubería 152 de entrada a la cámara 26 de líquido entre el primer 22 y el segundo electrodo 24. La presencia de iones sodio y de iones cloruro permite que se complete el circuito eléctrico entre el primer electrodo 22 y el segundo electrodo 24. El circuito eléctrico completo proporciona un flujo de electrones para llevar a cabo la reacción de oxidación para producir productos de oxidación en el primer electrodo 22. Por ejemplo, véase la ecuación (1). El flujo de electrones también lleva a cabo la reacción de reducción para producir productos de reducción en el segundo electrodo 24, por ejemplo, véase la ecuación (2). Cuando la disolución acuosa es disolución de cloruro de sodio, se oxidan los iones cloro a gas cloro en el primer electrodo 22. Mientras, en el segundo electrodo 24, se reduce oxígeno de la cámara 28 de gas para formar iones hidróxido. El recubrimiento 30 del segundo electrodo 24 transporta los iones hidróxido fuera del segundo electrodo 24 para que reaccionen con el gas cloro para producir hipoclorito de sodio en la cámara 26 de líquido.

20 La tubería 154 de salida conduce los productos electroquímicos (por ejemplo, hipoclorito de sodio y cloruro de sodio) lejos de la cámara 26 de líquido a la unidad 156 aguas abajo. El sistema 150 de tratamiento de agua puede situarse físicamente suficientemente cerca del sistema de circulación de agua objetivo para que la tubería 154 de salida pueda conducir hipoclorito directamente al sistema de circulación de agua objetivo, mostrado como la unidad 156 aguas abajo en la FIG. 1 de manera que el hipoclorito pueda controlar el nivel de microorganismos en el sistema de circulación de agua objetivo.

25 Alternativamente, la unidad 156 aguas abajo puede incluir un recipiente de almacenamiento (no mostrado) donde se almacenan los productos electroquímicos para su introducción en el sistema de circulación de agua objetivo cuando sea necesario, por ejemplo, si la producción de la celda 20 electrolítica excede de la demanda del sistema de circulación del agua objetivo.

30 Opcionalmente, el sistema 150 de tratamiento de agua se sitúa en una posición física diferente que el sistema de circulación de agua objetivo. En esta opción, la unidad 156 aguas abajo es un recipiente de almacenamiento para almacenar productos de hipoclorito para su transporte al sistema de circulación de agua objetivo.

35 En algunas realizaciones, se incluye una tubería 158 de recirculación (mostrado como las líneas discontinuas en la FIG. 1) el sistema 150 de tratamiento de agua para recircular al menos una porción de los productos electroquímicos de vuelta a la tubería 152 de entrada o directamente a la celda 20 electrolítica. En esta característica opcional la tubería 158 de recirculación puede incluir un sistema de bombeo (no mostrado) y posiblemente un recipiente de almacenamiento secundario (no mostrado).

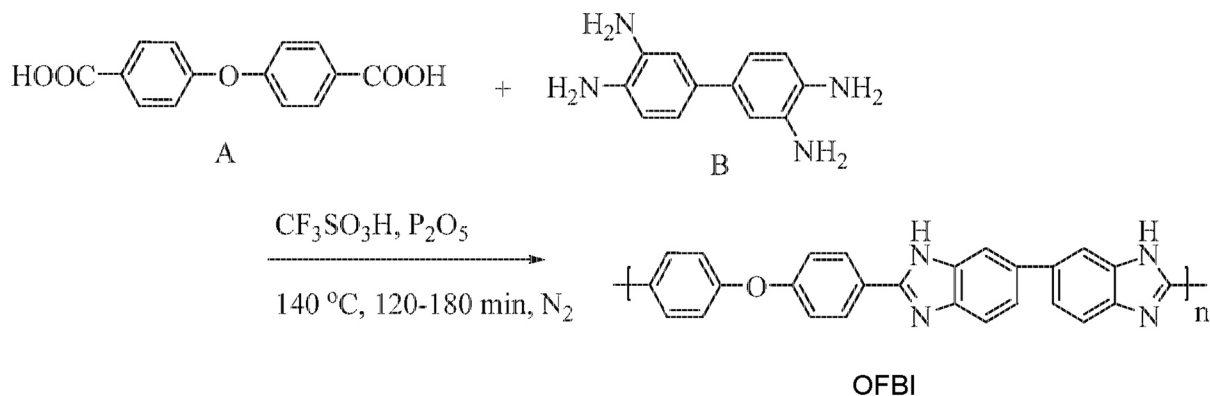
40 Como puede observarse a partir de los siguientes ejemplos, la celda electrolítica y el método según las realizaciones de la presente invención aumentan significativamente la productividad del hipoclorito de sodio. Además, sin estar ligados por ninguna teoría, como el recubrimiento 30 es una parte del segundo electrodo 24, la resistencia de la celda 20 electrolítica es menor que una celda electrolítica similar que incluya una membrana en vez de un recubrimiento y como un componente individual separado de los electrodos. De esta manera, los requerimientos de potencial de trabajo y el consumo de energía de la celda 20 electrolítica también son menores que el de la celda electrolítica similar. Por lo tanto, se proporciona un sistema de tratamiento de agua mejorado y un método asociado.

Ejemplos

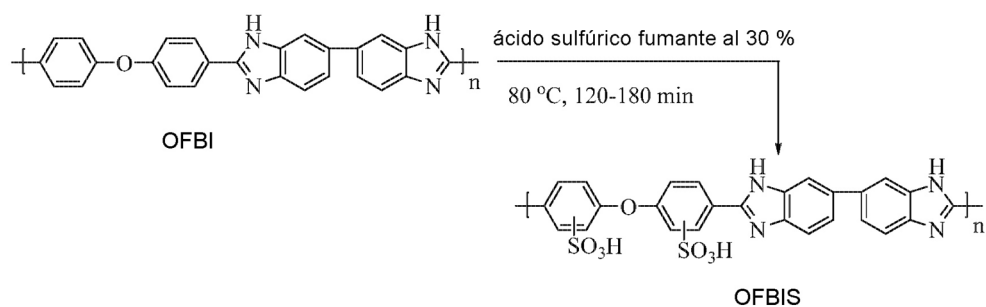
45 El siguiente ejemplo se incluye para proporcionar una guía adicional para los expertos en la materia en la práctica de la invención reivindicada. Este ejemplo no limita la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Ejemplo 1

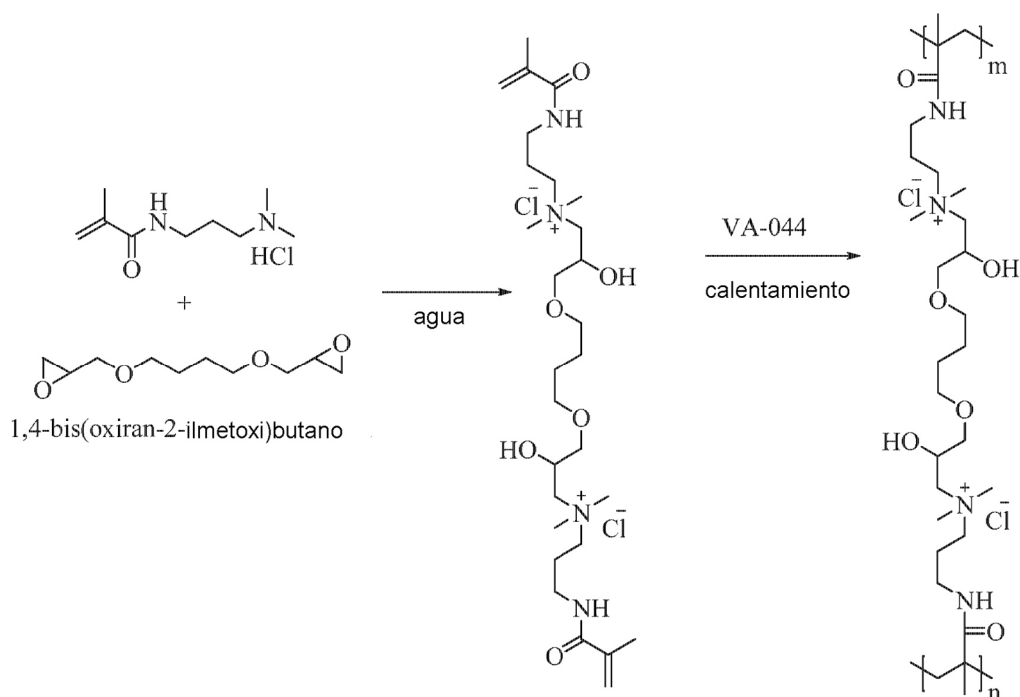
50 Se añadió monómero A (4,4'-dicarboxidifenil éter) y B (3,3',4,4'-bifeniltetraamina) en una relación molar de 1:1 en un matraz de tres bocas provisto de condensador de reflujo, una barra de agitación mecánica y un equipo de purga de nitrógeno. Se añadió una mezcla de $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{H}$ y P_2O_5 en una relación en peso de 10:1 al matraz para preparar una disolución en la que $(A + B) / \text{CF}_3\text{SO}_3\text{H} \times 100\%$ fue 10 % en peso. Se calentó después la disolución a 140°C en atmósfera de N_2 durante 120-180 minutos. Se obtuvo un producto (polímero de OFBI) vertiendo el producto de reacción en agua y lavando en una disolución acuosa de Na_2CO_3 hasta que el pH fue neutro. Los datos de RMN de H del polímero de OFBI en DMSO fueron: 7,2-7,4 (a s, 2H), 7,4-8 (a, 3H), 8,2-8,4 (a s, 2H), 13 (a s, 1H).

**Ejemplo 2**

- 5 El polímero OFBI obtenido en el ejemplo 1 se sumergió en ácido sulfúrico fumante al 30% a 80 °C durante 120-180 minutos con agitación mecánica para conseguir el polímero OFBI sulfonado (OFBIS). Los datos de RMN de H del polímero de OFBIS en DMSO fueron: 7-7,2 (a s), 7,2-8 (a), 8,2-8,4 (a s), 8,7-8,8 (a s), 13 (a s).

**10 Ejemplo 3**

- Se disolvió dimetilaminopropilmetacrilamida (17 g) en 100 g de agua desionizada en un matraz con agitación magnética a 58-63 rad/s (550-600 rpm), se añadieron 9,86 g de HCl al 37% a la disolución lentamente para mantener la temperatura por debajo de 50 °C. Después de eso, se añadieron 10,1 g de 1,4-Butanodiol diglicidil éter a la disolución a 50-60 °C. Se calentó después la mezcla a 70-80 °C durante 2 horas y se enfrió a la temperatura ambiente. Se añadió dihidrocloruro de (2,2'-azobis[2-(2-imidazolen-2-il)propano] VA-044, 1,6 g) en 100 g de agua desionizada a la disolución por debajo de 40 °C y se mezcló durante 15 minutos para obtener un polímero de intercambio aniónico. Los datos de RMN de H del polímero de intercambio aniónico en D₂O fueron: 1,3-1,4 (a, 3H), 1,5-1,6 (a, 4H), 2-2,1 (a, 2H), 3,2-3,7 (a, 16H), 4,2 (a, 1H).



Ejemplo 4

Se añadió una disolución que comprendía 0,45 g de NaOH en 5 ml de etanol a una mezcla de 2,5 g del polímero de OFBI y 30 ml de DMSO, se agitó con una barra de agitación magnética a 60°C hasta que se hubo disuelto completamente el polímero de OFBI. Se filtró la disolución resultante por una película de PTFE de 0,5 µm y se desgasificó el líquido filtrado a presión reducida.

Se limpió el líquido filtrado para recubrirse en un cátodo de aire sin capa separadora. El cátodo de aire usado en este ejemplo y el ejemplo 5 incluía una capa activa de carbono catalizada a base de manganeso y una capa de bloqueo (película de Teflon® porosa laminada). La anchura del cátodo de aire fue 8,9 cm y el espesor del cátodo de aire fue 0,5 mm. Se puso al cátodo de aire recubierto en un horno de vacío, se cubrió con un vidrio de reloj y se secó a 100 °C durante 8 horas.

Después de secado, se sumergió el cátodo de aire recubierto en el agua desionizada a temperatura ambiente tres veces durante un periodo de tiempo total de 2 horas para retirar el disolvente residual.

Ejemplo 5

Se acumularon cuatro celdas electrolíticas, comprendiendo cada una un ánodo de rutenio combinado con titanio de oxidación de metal obtenido en Suzhou Borui Industrial Material Science & Technology CO., LTD y un cátodo: un cátodo de aire con una película de polipropileno como capa separadora, un cátodo de aire sin capa separadora, un cátodo de aire sin capa separadora y recubierto con OFBI en el ejemplo 4 o un cátodo de aire sin capa separadora y recubierto de una manera similar que en el ejemplo 4 con un polímero de intercambio aniónico preparado en el ejemplo 3.

Cada una de las celdas electrolíticas incluía un espaciador entre el ánodo y el cátodo para suministrar una cámara de líquido y otro espaciador en el otro lado del cátodo para proporcionar una cámara de gas. Las dos placas de vidrio orgánico encerraron los electrodos y los espaciadores en medio.

Se cargó cada una de las celdas electrolíticas con una corriente continua CC por un convertidor de CA/CC. Se fijó la corriente a 16 A y 23 A, la densidad de corriente fue 120 mA/cm² y 172 mA/cm², de acuerdo con esto. Se alimentó la disolución de cloruro de sodio de 100 g/l a la celda electrolítica a diferentes velocidades de flujo. Se alimentó aire a la celda electrolítica a 12,5 l/minuto. Se usaron dos medidores de presión para controlar la presión en la cámara de gas y la cámara de líquido de la celda electrolítica, respectivamente. Se recogió la salida de la cámara de líquido para ensayar el nivel de cloro libre con el método de la N, N-dietil-p-fenilendiamina (DFD) mediante el espectrofotómetro DR5000™ de la compañía Hach. Los resultados del ensayo se midieron a 530 nm. Se conectó la salida de la cámara de gas a una válvula para controlar la presión de la cámara de gas para que fuera igual, o un poco mayor, que en la cámara de líquido.

Las velocidades de flujo de la disolución de cloruro de sodio, las velocidades de flujo de la disolución de cloruro de sodio, los niveles de cloro libre, la productividad de hipoclorito de sodio y los tipos correspondientes de cátodo

cuando la densidad de corriente era 120 mA/cm² y 172 mA/cm² se muestran en las tablas 1 y 2 a continuación.

Como se puede observar a partir de las tablas 1 y 2 a continuación, en la celda electrolítica con un cátodo recubierto con el polímero de OFBI, el nivel de cloro libre fue incrementado en aproximadamente un 50% con respecto a los de las otras celdas electrolíticas.

5 Tabla 1 densidad de corriente: 120 mA/cm²

Tipo de cátodo	Velocidad de flujo ml/min	Velocidad de flujo cm/s	cloro libre	productividad g/día
Con la capa separadora	60	0,67	4912	424
	60	0,67	4825	417
	60	0,67	4825	417
	80	0,89	3421	394
	80	0,89	3509	404
	80	0,89	3421	394
	120	1,33	2281	394
	120	1,33	2368	409
	120	1,33	2281	394
	160	1,78	1974	455
	160	1,78	1974	455
	160	1,78	2018	465
Sin capa separadora, recubierto con el polímero de intercambio aniónico	60	0,67	4298	371
	60	0,67	4211	364
	60	0,67	4298	371
	80	0,89	2807	323
	80	0,89	2719	313
	80	0,89	2807	323
	120	1,33	2281	394
	120	1,33	2325	402
	120	1,33	2281	394
	160	1,78	1711	394
	160	1,78	1754	404

ES 2 642 899 T3

Tipo de cátodo	Velocidad de flujo ml/min	Velocidad de flujo cm/s	cloro libre	productividad g/día
	160	1,78	1711	394
Sin capa separadora, sin recubrimiento	80	0,89	3114	359
	80	0,89	3443	397
	100	1,11	2675	385
	100	1,11	2697	388
	110	1,22	2442	387
	120	1,33	2412	417
	120	1,33	2208	381
	140	1,56	1996	402
Sin capa separadora, recubierto con el polímero de OFBI	40	0,44	9800	564
	40	0,44	10200	588
	60	0,67	8200	708
	60	0,67	8600	743
	80	0,89	5600	645
	80	0,89	5700	657

Tabla 2 Densidad de corriente: 172 mA/cm²

Tipo de cátodo	Velocidad de flujo ml/min	Velocidad de flujo cm/s	cloro libre	productividad g/día
Con la capa separadora	40	0,44	7368	424
	40	0,44	7544	435
	40	0,44	7368	424
	60	0,67	6140	531
	60	0,67	6053	523
	60	0,67	6140	531
	80	0,89	4561	525

ES 2 642 899 T3

Tipo de cátodo	Velocidad de flujo ml/min	Velocidad de flujo cm/s	cloro libre	productividad g/día
	80	0,89	4649	536
	80	0,89	4737	546
Sin capa separadora, recubierto con el polímero de intercambio aniónico	60	0,67	5877	508
	60	0,67	6053	523
	80	0,89	4386	505
	80	0,89	4298	495
	80	0,89	4386	505
Sin capa separadora, sin recubrimiento	80	0,89	4539	523
	100	1,11	3699	533
	100	1,11	3289	474
	120	1,33	2836	490
	140	1,56	2726	550
	140	1,56	2500	504
	160	1,78	2281	525
Sin capa separadora, recubierto con el polímero de OFBI	40	0,44	12200	703
	40	0,44	12400	714
	60	0,67	11200	968
	60	0,67	11400	985
	80	0,89	9400	1083
	80	0,89	9200	1060

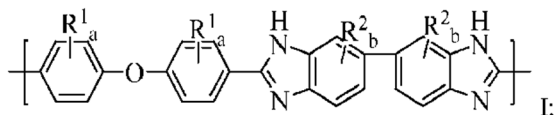
REIVINDICACIONES

1. Un sistema (150) de tratamiento de agua que comprende:

una celda (20) electrolítica que comprende:

un primer electrodo (22);

5 un segundo electrodo (24) que comprende un recubrimiento (30) de polímero que comprende unidades estructurales de fórmula I:



10 y una fuente (100) de energía para proporcionar energía al primer y al segundo electrodo; en el que

R¹ es independientemente en cada caso un radical alquilo C₁-C₆ o -SO₃H;

R² es independientemente en cada caso un radical alquilo C₁-C₆;

a es independientemente en cada caso un número entero que oscila de 0 a 4 y

15 b es independientemente en cada caso un número entero que oscila de 0 a 3.

2. El sistema (150) de tratamiento de agua según la reivindicación 1, en el que b=0.

3. El sistema (150) de tratamiento de agua según la reivindicación 2, en el que a=0.

4. El sistema (150) de tratamiento de agua según la reivindicación 2, en el que a=1, R¹ es -SO₃H.

20 5. El sistema (150) de tratamiento de agua según la reivindicación 1, en el que el primer electrodo (22) está opuesto al recubrimiento (30) del polímero en el segundo electrodo (24).

6. El sistema (150) de tratamiento de agua según la reivindicación 1, en el que la celda (20) electrolítica comprende una cámara (26) de líquido entre el primer electrodo (22) y el recubrimiento (30) del polímero en el segundo electrodo (24).

25 7. El sistema (150) de tratamiento de agua según la reivindicación 6, que comprende una tubería (152) de entrada en comunicación con la cámara (26) de líquido.

8. El sistema (150) de tratamiento de agua según la reivindicación 6, que comprende una tubería (154) de salida en comunicación con la cámara (26) de líquido.

30 9. El sistema (150) de tratamiento de agua según la reivindicación 1, en el que la celda (20) electrolítica comprende una cámara (28) de gas en un lado opuesto del recubrimiento (30) del polímero y lejos del primer electrodo (22).

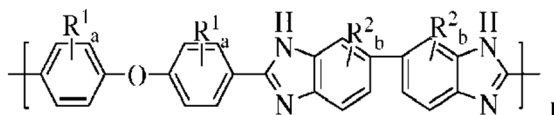
10. Un método, que comprende:

hacer pasar una corriente eléctrica por una disolución acuosa de un electrólito;

oxidar al menos una porción de los aniones de la disolución acuosa para producir productos de oxidación;

reducir al menos algo de gas oxígeno para producir iones hidróxido;

35 transportar los iones hidróxido próximos a los productos de oxidación por un recubrimiento (30) de un polímero que comprende las unidades estructurales de fórmula



para que reaccionen con los productos de oxidación y los cationes de la disolución acuosa para producir hipoclorito y proporcionar hipoclorito al agua para controlar los niveles de microorganismos;

en el que

R¹ es independientemente en cada caso un radical alquilo C₁-C₆ o -SO₃H;

5 R² es independientemente en cada caso un radical alquilo C₁-C₆;

a es independientemente en cada caso un número entero que oscila de 0 a 4 y

b es independientemente en cada caso un número entero que oscila de 0 a 3.

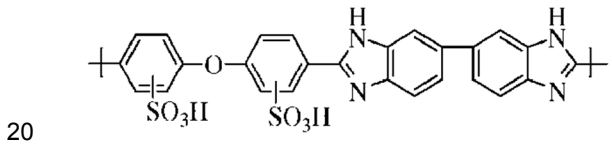
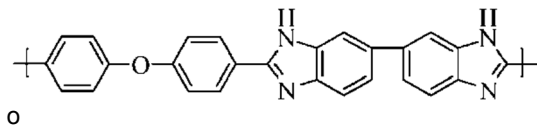
11. El método según la reivindicación 10, en el que la disolución acuosa es una disolución de haluro alcalino.

10 12. El método según la reivindicación 10, en el que los productos de oxidación son gas de haluro diatómico.

13. El método según la reivindicación 10, en el que la etapa de paso comprende hacer pasar la corriente eléctrica por un primer electrodo (22) y un segundo electrodo (24) de una celda (20) electrolítica.

14. El método según la reivindicación 10, en el que la disolución acuosa es una disolución de cloruro de sodio o una disolución de cloruro de potasio.

15 15. El método según la reivindicación 10, en el que el polímero que comprende unidades estructurales de fórmula I comprende unidades estructurales de fórmula:



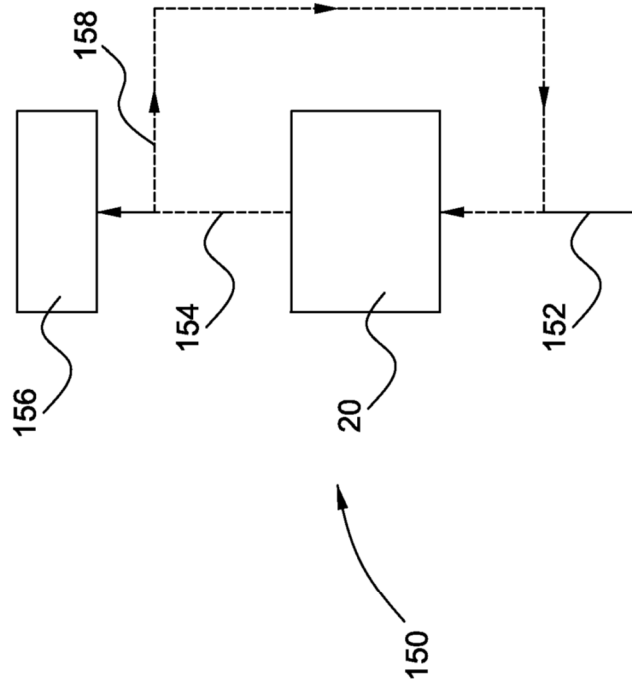


FIG. 1

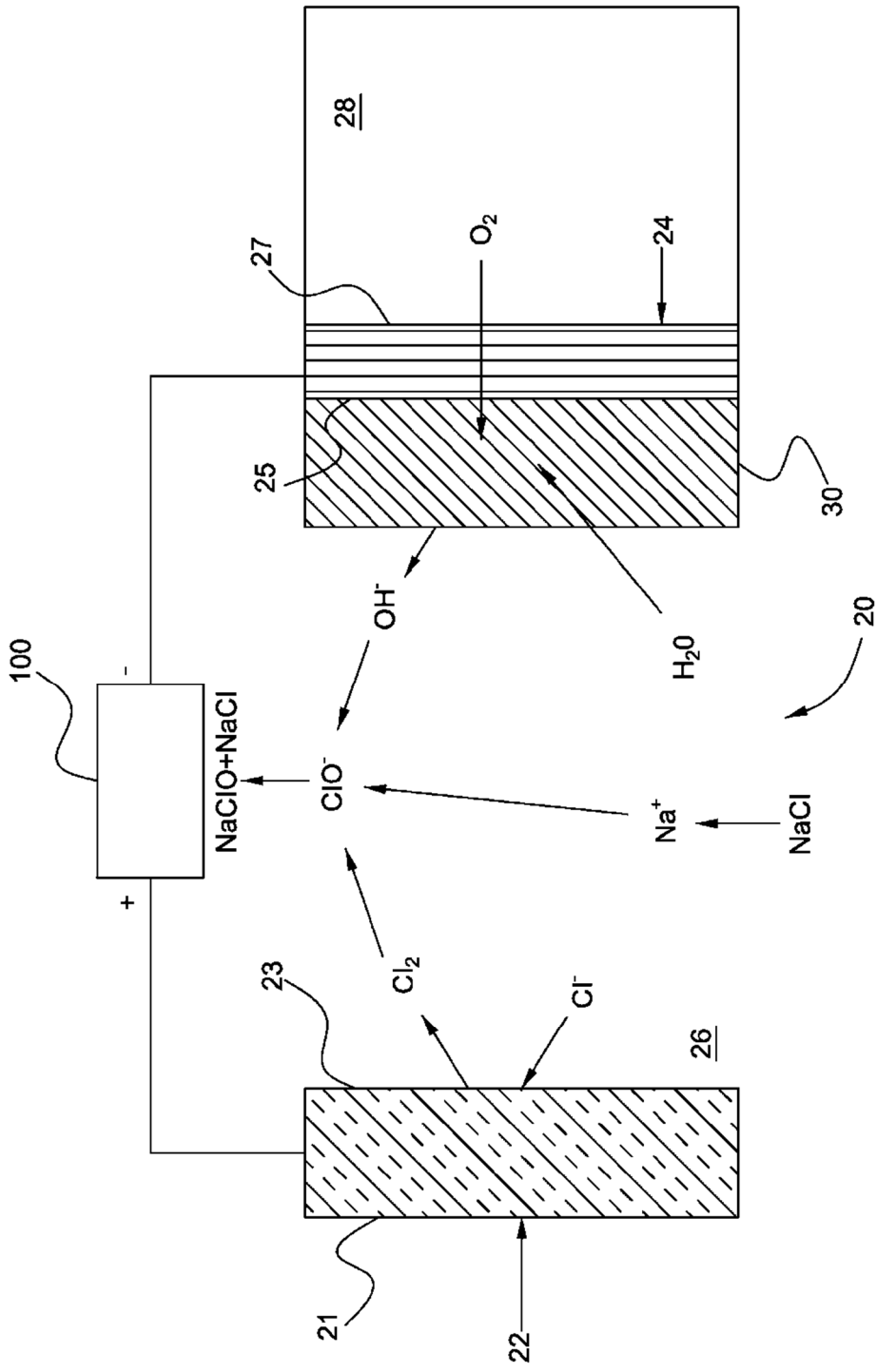


FIG. 2