

REIVINDICACIONES

1) Dispositivo desalinizador que comprende al menos una celda electroquímica (10) que comprende:

(a) un ánodo (18) apto para permitir la reacción electroquímica de oxidación del ion OH^- y consiguiente producción de oxígeno gas y liberación en solución de protones H^+ en la que dicho ánodo (18) está contenido en una cámara anódica (14; 114) apta para contener o que contiene como anolito una solución ácida;

(b) un cátodo (20) conectado a través de una conexión eléctrica (22) a dicho ánodo (18) y apto para permitir la reacción electroquímica de reducción de protones H^+ y consiguiente producción de hidrógeno gaseoso y liberación en solución de iones OH^- en el que dicho cátodo (20) está contenido en una cámara catódica (16; 116) apta para contener o que contiene como catolito una solución básica;

(c) un sistema para alimentar dicha cámara anódica con dicha solución ácida;

(d) un sistema para alimentar dicha cámara catódica con dicha solución básica;

(e) una membrana de intercambio catiónico (28; 128) impermeable a los iones OH^- y permeable a los cationes;

(f) una membrana de intercambio aniónico (26; 126) impermeable a los iones H^+ y permeable a los aniones, en particular Cl^- ;

en donde dicha cámara anódica (14; 114) y dicha cámara catódica (16; 116) están separadas por dicha membrana de intercambio catiónico (28; 128) y dicha membrana de intercambio aniónico (26; 126) que a su vez están separadas por una tercera cámara (12; 112) apta para contener o que contiene una solución acuosa de sal de cloruro,

en donde

(α) dicha membrana de intercambio catiónico (28; 128) es simultáneamente una pared o una porción de la misma de dicha cámara catódica (16; 116) y de dicha tercera cámara (12; 112) de tal manera que desde la tercera cámara (12; 112) a la cámara catódica (16; 116) es posible el paso de cationes salinos;

(β) dicha membrana de intercambio aniónico (26; 126) es simultáneamente una pared o una porción de la misma de dicha cámara anódica (14; 114) y de

dicha tercera cámara (12; 112) tal que desde la tercera cámara (12; 112) a la cámara anódica (14; 114) es posible el paso de aniones salinos, caracterizado porque dichos electrodos (18, 20) son de grafito, y en que dicho dispositivo de desalinización se caracteriza además por comprender:

h) un reactor de carbonatación (50), y porque la cámara catódica (16) comprende una entrada (38) y una salida (40) que está conectada a un circuito en el que se inserta el reactor de carbonatación (50).

2) El dispositivo desalinizador según la reivindicación 1, caracterizado porque la solución básica es una solución acuosa de NaOH; la solución acuosa de sal de cloruro es una solución acuosa de NaCl, los cationes salinos son cationes de Na⁺; y los aniones salinos son aniones Cl⁻.

3) El dispositivo desalinizador según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque comprende una unidad de control configurada para realizar el siguiente algoritmo:

- (i) alimentar la cámara anódica (14; 114) con un anolito;
- (ii) alimentar la cámara catódica (16; 116) con un catolito;
- (iii) alimentar la tercera cámara (12; 112) con una solución salina de cloruro concentrada;
- (iv) oxidación del OH⁻ en el ánodo (18) con formación de oxígeno O₂ y protones H⁺;
- (v) reducción de H⁺ en el cátodo (20) con formación de hidrógeno H₂ e iones hidróxido OH⁻.

4) El dispositivo desalinizador según la reivindicación 3, caracterizador porque el anolito es agua, el catolito es agua o la base producida en la cámara catódica a concentración reducida.

5) El dispositivo desalinizador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque cada una de dichas cámaras (12, 14, 16; 112, 114, 116) está provista de una entrada (30, 34, 38; 130, 134, 138) y una salida (32, 36, 40; 132, 136, 140), a saber:

- (a) que la cámara anódica (14; 114) está provista de una entrada (34; 134)

para anolito fresco y una salida (36; 136) para anolito enriquecido con aniones salinos, en particular Cl^- , o sus derivados, y oxígeno;

(b) que la cámara catódica (16; 116) está provista de una entrada (38; 138) para el catolito fresco y una salida (40; 140) para el catolito enriquecido en cationes salinos, en particular Na^+ , e hidrógeno; y

(c) que la tercera cámara (12; 112) tiene una entrada (30; 130) para la solución salina acuosa de partida y una salida (32; 132) para la solución salina de concentración reducida

6) El dispositivo de desalinización según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque comprende además

(g) un dispositivo de separación gas-líquido adecuado para recuperar el hidrógeno producido que está conectado a la salida de la cámara catódica (16; 116).

7) El Dispositivo de desalinización según la reivindicación 6, caracterizado porque el dispositivo de separación gas-líquido es un depurador gas-líquido.

8) El Dispositivo de desalinización según la reivindicación 7, caracterizado porque el depurador gas-líquido está conectado a una celda de combustible.

9) El dispositivo de desalinización según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque dicha al menos una celda electroquímica comprende

(i) una primera placa (166) que soporta en una primera ventana aplicada en dicha primera placa dicha cámara anódica (114) de recorrido con forma meandro que tiene en sus extremos una entrada y una salida para el anolito;

(ii) una segunda placa (168) que soporta en una segunda ventana aplicada en dicha segunda placa dicha cámara central (112) de recorrido con forma meandro que tiene en sus extremos una entrada y una salida para solución salina; y

(iii) una tercera placa (170) que soporta en una tercera ventana aplicada en dicha tercera placa dicha cámara catódica (116) de recorrido con forma meandro que tiene una entrada y una salida para el catolito en sus extremos,

(iv) dicha membrana de intercambio aniónico (127) interpuesta entre dicha primera (166) y dicha segunda (168) placa;

(v) dicha membrana de intercambio catiónico (128) interpuesta entre dicha segunda (168) y dicha tercera (170) placa;

(vi) un ánodo de placa dispuesto a lo largo de dicha primera placa (168) en el lado opuesto a la posición de dicha membrana de intercambio aniónico (127);
y

(vii) un cátodo de placa dispuesto junto a dicha tercera placa (170) en el lado opuesto con respecto a la posición de dicha membrana de intercambio catiónico (128);

en donde placas, membranas y electrodos se superponen en el siguiente orden: ánodo, cámara anódica, membrana de intercambio aniónico, cámara central, membrana de intercambio catiónico, cátodo,

en donde cada placa está provista opcionalmente de una pluralidad de primeros orificios (172) dispuestos de manera que, al superponerse las placas, éstas queden alineadas de modo que puedan conectarse con medios de fijación relativos;

en donde cada placa está provista de una pluralidad de segundos orificios divididos en tres pares de orificios (134, 136; 130, 132; 138, 140) para transportar en canales separados los flujos de anolito, catolito y solución salina, un orificio (134; 130; 138) de cada par previsto para la entrada del flujo respectivo en el sistema y el otro orificio (136; 132; 140) para la salida del sistema, en el que los orificios correspondientes están dispuestos de modo que con la superposición de las placas resulten alineados para poder conectarlos a fin de formar canales separados para los flujos respectivos,

en donde cada flujo atraviesa a lo largo del canal formado por los agujeros relativos superpuestos todo el sistema, pero sólo en la placa que lleva la cámara a la que se dedica el flujo relativo del canal se realiza una comunicación con la entrada de la cámara de tal manera que permite que el flujo pase a través de la cámara y entre a través de la salida de la cámara en el canal de salida correspondiente formado por el respectivo conjunto de agujeros.

10) El dispositivo de desalinización según la reivindicación 9, caracterizado porque dicho recorrido con forma meandro de dicha primera placa (166), dicha

segunda placa (168) y dicha tercera placa (170) respectivamente, tiene un espesor con respecto al plano de la extensión del recorrido con forma meandro que preferentemente no excede de 6 mm.

11) El dispositivo de desalinización según la reivindicación 9, caracterizado porque cada placa está provista preferentemente de una pluralidad de terceros orificios (146, 147) para recoger los gases formados en las cámaras anódica y catódica respectivamente (114, 116) y dispuestos de tal manera que con la superposición de las placas resulten alineados para poder conectarlos para formar canales separados para los flujos de gas relativos de las respectivas cámaras.

12) Dispositivo de desalinización según la reivindicación 9, caracterizado porque comprende una pluralidad de celdas electroquímicas de tres cámaras que se agrupa en una pila de celdas según

variante (A) en la que los elementos individuales se suceden según el esquema siguiente: $[+AZC-][+AZC-]_n$ con $n = 1, 2, \dots$;

O según

variante (B) en la que los elementos individuales se suceden según el esquema siguiente: $+AZC-CZA+AZC-CZA+\dots+AZC-$ con número variable de grupos AZC- y CZA en los que las unidades con tres cámaras adyacentes tienen en común el electrodo correspondiente,

en donde para ambas variantes (A) y (B) A es una placa (166) con una cámara anódica (114), Z es una placa (168) con una cámara central (112), C es una placa (170) con una cámara catódica (116), el signo "+" un ánodo y el signo "-" un cátodo, una membrana de intercambio aniónico (127) se coloca entre las cámaras adyacentes A y Z, y una membrana de intercambio catiónico (128) se coloca entre las cámaras adyacentes Z y C; y

en donde para ambas variantes (A) y (B) las cámaras del mismo tipo están conectadas a través de las entradas y salidas relativas de las cámaras y los orificios correspondientes en las placas.

13) Dispositivo desalinizador según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por comprender una pluralidad de celdas

electroquímicas en configuración multipolar en un apilamiento que contiene las celdas con polaridad alterna.

14) Dispositivo desalinizador según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por comprender sistemas de bombeo (42, 44, 64) de velocidad regulable para alimentar dichas cámaras.

15) Un proceso de desalinización que comprende las siguientes etapas:

(a) proporcionar un dispositivo de desalinización según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes;

(b1) alimentar la cámara anódica (14; 114) con un anolito;

(b2) alimentar la cámara catódica (16; 116) con un catolito;

(b3) alimentar la tercera cámara (12; 112) con una solución salina de cloruro concentrada;

(c1) oxidación del OH^- en el ánodo (18) con formación de oxígeno O_2 y protones H^+ ;

(c2) reducción de H^+ en el cátodo (20) con formación de hidrógeno H_2 e iones hidróxido OH^- ;

(d1) en reacción al aumento de la concentración de iones H^+ en la cámara anódica (14; 114) paso de aniones salinos, en particular cloruros, de la tercera cámara (12; 112) a la cámara anódica (14; 114)

(d2) en reacción al aumento de la concentración de iones OH^- en la cámara catódica (16; 116) paso de cationes salinos, en particular Na^+ , de la tercera cámara (12; 112) a la cámara catódica (16; 116),

donde carbonatos y bicarbonatos (56) son desviados desde dicho reactor de carbonatación (50) con el efecto de tamponar el pH de la solución básica que retorna a la cámara catódica (16)

16) Un proceso de desalinización según la reivindicación 15, caracterizado porque el pH de la solución básica se tampona a valores entre 8,5 u 9,5.

17) Un proceso de desalinización según la reivindicación 15, caracterizado porque el anolito es agua y un catolito, es agua o la base producida en la cámara catódica (16; 116) a concentración reducida.

18) Proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 17, caracterizado porque:

(i) la cámara anódica (14; 114) se alimenta con flujo controlado y de ella se extraen soluciones ácidas que contienen oxígeno;

(ii) la cámara catódica (16; 116) se alimenta con flujo controlado con una solución básica, en particular NaOH, o con agua, y de ella se extraen soluciones básicas concentradas e hidrógeno;

(iii) que la cámara central (12; 112) se alimente a un ritmo controlado con soluciones salinas concentradas y que de ella se extraigan soluciones salinas diluidas que permitan controlar las concentraciones de los componentes de las soluciones acuosas contenidas en las cámaras correspondientes (12, 14, 16; 112, 114, 116).

19) Proceso según la reivindicación 18, caracterizado porque la cámara anódica (14; 114) se alimenta con una solución ácida o agua.

20) Proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 19, caracterizado por la alimentación de la cámara catódica (16) y la extracción de su contenido tienen lugar en un circuito desde el que se desvía hidrógeno (46), alimentando una pila de combustible, en la que la energía producida en la pila de combustible puede utilizarse para alimentar el dispositivo de desalinización.

21) Proceso según una cualquiera de las reivindicaciones de 15 a 20, caracterizado porque el flujo de la solución salina a tratar se mantiene estable dentro de la cámara central de cada celda, en particular, mediante el uso de bombas dosificadoras peristálticas que son controladas utilizando un Controlador Lógico Programable (PLC) mediante la monitorización de la conductividad de la solución analizada en el punto en el que sale de la celda y porque dentro de la cámara ánodica y de la cámara catódica el flujo del anolito y del catolito se mantiene estable, en particular, mediante el uso de bombas dosificadoras peristálticas gestionadas vía PLC mediante la monitorización del pH de las mismas soluciones analizadas en el punto en el que salen de la celda.