

**SISTEMA DE ELECTRÓLISIS DE AGUA DE ALTO VOLUMEN Y MÉTODO DE
USO**

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

- 5 Esta solicitud reclama beneficio de la Solicitud de Patente Provisional Estadounidense No. 62/174,791, presentada el 12 de junio de 2015, la cual es incorporada por referencia.

CAMPO DE LA INVENCION

- 10 La presente invención generalmente se refiere a sistemas para producir soluciones electroquímicamente activadas (por ejemplo, agua electrolizada) para producir simultáneamente agua electrolizada alcalina y agua electrolizada ácida.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- 15 Se conocen sistemas que electrolizan agua que contiene especies iónicas (por ejemplo, sales álcali) para producir agua electrolizada ácida y agua electrolizada alcalina. El agua electrolizada ácida puede ser un agente de
- 20 esterilización fuerte que se utiliza cada vez más en una variedad de aplicaciones de sanitización incluyendo en las industrias médica, agrícola y de procesamiento de alimentos y en otros ambientes institucionales. El agua electrolizada básica o alcalina también tiene un efecto detergente y es

útil en muchas aplicaciones de limpieza. Comúnmente se utiliza cloruro de sodio como la sal álcali que se disuelve en el agua debido a que produce ácidos y bases que son ambientalmente amigables, potentes y de bajo costo.

5 Sistemas de agua de electrolización comercialmente disponibles tienen un número de inconvenientes. Los usuarios comerciales grandes de dichos sistemas pueden requerir cantidades significativas de agua electrolizada sobre una base diaria. Debido a que la mayoría de los sistemas de
10 electrólisis disponibles son relativamente lentos en procesar el agua alcalina y ácida electrolizada, la producción de grandes cantidades puede ser tediosa y consumir tiempo, en ocasiones teniendo como resultado un suministro inadecuado para las necesidades comerciales. Aunque se puede lograr una
15 producción incrementada al aumentar el número de pares de células de electrólisis de acuerdo con los diseños de célula existentes, dicho enfoque de manera proporcional incrementa el costo del sistema. Además, muchos usuarios comerciales requieren limpiadores significativamente más alcalinos que
20 los sanitizadores ácidos. Debido a que ambos son electrolizados simultáneamente, para producir cantidades suficientes del limpiador, con frecuencia se deben desechar cantidades excesivas del sanitizador producido.

El contenido (por ejemplo, impureza) de agua dirigido al

sistema del electrolizador puede afectar además la cantidad del agua electrolizada alcalina y ácida procesada. Bajo algunas condiciones, para lograr un pH óptimo de limpiador alcalino, el agua electrolizada ácida (el sanitizador) puede
5 tener un pH bajo en el que el ácido es inestable para un uso seguro o efectivo. Para corregir ese problema, el pH del limpiador alcalino puede ser afectado de manera no deseable.

Además, si la membrana permeable a los iones de las células de electrólisis del sistema no son ensambladas y
10 mantenidas en cierta relación espacial (por ejemplo, relación paralela) a las placas de electrodo, nuevamente se puede alterar el proceso de electrólisis. De manera similar, si la presión del líquido a través de la célula del electrolizador se incrementa en un esfuerzo por aumentar la velocidad del
15 procesamiento, la alineación de la membrana se puede distorsionar con un inadecuado intercambio de iones resultante. La velocidad del flujo incrementada a través de la célula a presiones de líquido superiores además puede limitar el tiempo para el intercambio de iones adecuado. El
20 incremento del suministro de potencia a las células del electrodo para incrementar la producción también puede afectar de manera adversa el pH de las aguas electrolizadas alcalinas o ácidas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de electrólisis que sea operable para producir, en una manera económica, cantidades superiores de agua
5 electrolizada dentro de los rangos de pH prescritos para uso óptimo.

Otro objetivo es proporcionar un sistema de electrólisis tal como se caracteriza arriba que tenga una construcción de célula de electrolizador que permita una producción
10 incrementada de agua electrolizada.

Un objetivo adicional es proporcionar un sistema de electrólisis del tipo anterior que pueda ser operado para producir mayores cantidades de agua electrolizada alcalina que el agua electrolizada ácida, consistente con los
15 requerimientos de un usuario.

Otro objetivo todavía es proporcionar un sistema de electrólisis del tipo anterior que puede ser controlado para producir agua electrolizada alcalina y agua electrolizada ácida con rangos de pH para uso óptimo no obstante la dureza
20 o suavidad del agua de entrada al sistema.

Otro objetivo todavía es proporcionar dicho sistema de electrólisis el cual incluya un sistema de acondicionamiento de agua (por ejemplo, suavizante, ósmosis inversa) para suavizar el agua antes de la dirección a un electrolizador y

en el cual toda la salida del suavizador sea utiliza para producir agua electrolizada alcalina y agua electrolizada ácida dentro de los rangos de pH óptimos.

Otro objetivo adicional es proporcionar un sistema de electrólisis del tipo anterior que sea relativamente simple en diseño y conduzca a una fabricación económica.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Otros objetivos y ventajas de la invención serán aparentes al momento de la lectura de la siguiente descripción detallada y al momento de la referencia a los dibujos, en los cuales:

La figura 1 es un diagrama de un cartucho de célula de electrodo que incorpora la presente invención sumergida en un baño de salmuera;

La figura 2 es una perspectiva agrandada del cartucho de célula de electrólisis ilustrado que se muestra en la figura 1;

La figura 3 es una perspectiva despiezada del cartucho de célula que se muestra en la figura 2;

La figura 4 es una perspectiva en sección vertical de diagrama agrandado de un cartucho de célula ilustrado de acuerdo con la invención;

La figura 5 es una sección en fragmentos agrandada del cartucho de célula que se muestra en la figura 4;

La figura 6 es un plano del lado interior del sujetador del cátodo electrodo del cartucho de célula ilustrativo;

La figura 7 es una perspectiva agrandada de uno de los cátodo electrodos del cartucho de célula ilustrativo;

5 La figura 8 es una perspectiva de la membrana de intercambio de iones de la célula del cátodo del cartucho de célula ilustrado;

La figura 9 es una perspectiva de la placa divisora del centro del cartucho de célula ilustrativo con sujetadores que
10 muestran en diagrama aberturas de sujeción de la placa divisora;

La figura 10 es una vista en elevación lateral del divisor que se muestra en la figura 9;

La figura 11 es una perspectiva de un lado interior del
15 sujetador para la célula del ánodo del cartucho de célula ilustrado;

La figura 12 es una perspectiva de uno de los ánodo electrodos de la célula del ánodo del cartucho de célula ilustrado;

20 La figura 13 es una perspectiva de la membrana de intercambio de iones de la célula del ánodo del cartucho de célula ilustrativo;

La figura 14 es una vista en elevación lateral del sujetador del ánodo del cartucho de célula ilustrativo con

una arandela de sellado montada sobre el mismo;

La figura 15 es un diagrama de flujo de un sistema ejemplar;

La figura 16 es un diagrama eléctrico del sistema
5 ejemplar de la figura 15;

La figura 17 es un diagrama de flujo de un sistema ejemplar adicional que incorpora ósmosis inversa; y

La figura 18 es un diagrama eléctrico del sistema ejemplar adicional de la figura 17.

10 Aunque la invención es susceptible de varias modificación y construcciones alternativas, algunas modalidades ilustrativas de la misma se han mostrado en los dibujos y se describirán a continuación en detalle. Sin embargo, se debiera entender que no hay intención de limitar
15 la invención a las formas específicas divulgadas, pero por el contrario, la intención es abarcar todas las modificaciones, construcciones alternativas, y equivalentes que caen dentro del espíritu y alcance de la invención.

20

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Haciendo referencia ahora de manera más particular a las figuras 1-14, de los dibujos, se muestra un sistema de electrólisis de alto volumen ilustrativo 10 de acuerdo con la invención que opera para electrolizar una solución de agua y

sal (por ejemplo, sal inorgánica) para producir agua electrolizada base o alcalina y agua electrolizada ácida. El sistema de electrólisis ilustrado 10 comprende un cartucho 11 que contiene células de electrolizador de cátodo y ánodo 14, 15 respectivamente, sumergidas en un baño de salmuera abierto 16 contenido dentro de un recipiente 18.

De acuerdo con una característica importante de esta modalidad, la célula electrolizada del cátodo 14 es diseñada para producir una salida de alto volumen de agua electrolizada base o alcalina mientras que la célula electrolizada del ánodo 15 es operada para producir una cantidad más pequeña de agua electrolizada ácida consistente con las necesidades de un usuario. Para este fin, la célula de electrolizador de cátodo 14 comprende un par de cátodo electrodos negativamente cargados C1, C2, un sujetador de electrodo 20 dentro del cual están montados los electrodos C1, C2, una membrana permeable al intercambio de iones positivos o cationes 21, una arandela de sellado 22, y un divisor y placa de soporte de membrana 24 (figura 3).

Los cátodo electrodos C1, C2 en este caso están montados en relación lado a lado coplana adyacentes a las cámaras respectivas 23 (figura 6) en el sujetador de electrodo 20. Los electrodos C1, C2 en este caso son soportados con los bordes periféricos de sus lados adyacentes en relación

lateralmente separada entre sí. A fin de incrementar el área de superficie de los cátodo electrodos C1, C2 para un intercambio de iones mejorado durante la operación del sistema, los electrodos C1, C2 comprenden, cada uno, un par de placas de malla de titanio 25 (figura 7) soportadas en relación paralela lado a lado estrecha. Placas separadoras 26 son soldadas entre las dos placas de malla 25 de cada electrodo C1, C2 para crear una conexión tanto estructural como eléctrica entre las placas 26 mientras se mantiene una separación consistente. Los electrodos C1, C2 tienen un travesaño de conexión eléctrica respectivo 27 que sobresale hacia fuera desde una ubicación central del electrodo C1, C2 para unión a un cable eléctrico respectivo y para proporcionar potencia a los electrodos, tal como resultará aparente. Cada travesaño de conexión eléctrica 27 en este caso es soldado a una placa de conector respectiva 28 la cual a su vez es soldada a un lado exterior de la placa de malla 26 del cátodo electrodo C1, C2 que queda frente a la pared interior de la cámara de sujetador 23. Cada travesaño 27 en este caso es externamente roscado para facilitar el acoplamiento a un cable de suministro eléctrico.

El sujetador de electrodo 20 está diseñado para soportar los cátodo electrodos C1, C2 de manera que un bolsillo o espacio 30 (figuras 1, 4 y 5) existe entre cada cátodo C1, C2

y una pared lateral interior del sujetador de electrodo 20. Cualquiera o ambos cátodos C1, C2 es soportado por el travesaño de conexión eléctrica respectivo 27. En algunas modalidades, el sujetador de electrodo 20 además puede

5 incorporar salientes ahuecadas 32 (figura 6) para soportar los extremos superior e inferior de los electrodos C1, C2 en una relación espaciada predeterminada a la pared lateral interior del sujetador del cátodo electrodo 20. En dicha posición, el travesaño de conexión eléctrica 27 de cada

10 electrodo sobresale a través de una abertura respectiva centralmente colocada dentro de una pared lateral adyacente del sujetador con una junta tórica apropiada alrededor del travesaño 27 para sellar la solución de salmuera contra la entrada dentro del cartucho 11. La arandela 22 en este caso

15 define ventanas rectangulares 22a que rodean los cátodo electrodos C1, C2 de forma efectiva para sellar el perímetro de los electrodos C1, C2 unos contra otros y el baño de salmuera exterior, tal como resultará aparente.

La membrana de intercambio de iones positivos (es decir, cationes) 21 puede ser hidratada previo al ensamblaje y se

20 mantiene en cierta relación espacial, para este caso, relación paralela, al cátodo electrodo C1, C2 mediante la placa divisora 24 que sirve para el doble propósito de capturar la membrana 21 en una forma en la que no puede ser

empujada lejos de los electrodos C1, C2 debido a las presiones de célula interna y que además proporciona pasos de flujo para permitir que la salmuera del baño 16 circule entre la célula del cátodo 14 y la célula del ánodo 15. La placa divisora 24 en este caso, tal como se muestra en las figuras 9 y 10, tiene una estructura de rejilla que define pasos de flujo de líquido 35, 36 alrededor del perímetro y el área central de la placa divisora 24, respectivamente.

La célula del ánodo 15, al igual que la célula del cátodo 14, comprende un par de de electrodos A1, A2, en este caso con carga positiva, un sujetador de ánodo electrodo 40, una arandela 41 y una membrana permeable a aniones o negativa 42 colocada adyacente a y soportada por un lado opuesto de la placa divisora 24 opuesta a la membrana del cátodo 21. Los ánodo electrodos A1, A2 en este caso tienen un diseño de placa plana ininterrumpida, preferiblemente titanio recubierto (figura 12). Un travesaño de conexión eléctrica similar a los cátodo electrodos nuevamente es soldado en forma central en el costado de cada electrodo A1, A2 para colocación a través de una abertura respectiva en una pared lateral del sujetador del ánodo electrodo 40. Un anillo de sellado apropiado nuevamente es colocado alrededor del travesaño de conexión eléctrica y la abertura de acceso en el sujetador.

A diferencia de los cátodo electrodos C1, C2, los ánodo electrodos A1, A2 son montados en una relación de contacto inmediatamente adyacente a la pared interior de un sujetador de ánodo 40. Una arandela 41, similar a la arandela de cátodo 22, define ventanas para rodear y sellar los ánodo electrodos A1, A2, individualmente dentro del sujetador 40. En algunas modalidades de los sistemas, los ánodo electrodos A1, A2 están dimensionados para ocupar menos del espacio completo de la cámara del sujetador 40 en el cual están ubicados, a fin de definir un paso de flujo auxiliar 43 (figura 14) alrededor del perímetro exterior de los ánodo electrodos A1, A2 para permitir un flujo de líquido auxiliar para el propósito de ayudar a estabilizar el pH de al menos el ácido, en caso de no hacerlo de ambos productos. El uso de un ánodo electrodo más pequeño permite que el agua pase entre los ánodo electrodos A1, A2 y la membrana 42, pero también alrededor del perímetro de los ánodo electrodos A1, A2 (es decir, un "flujo de combinación"), permitiendo así un mayor flujo sin problemas de presión. El flujo de combinación se considera que permite el mantenimiento de cierta relación espacial entre los ánodo electrodos A1, A2 y la membrana 42 mientras que permite más tiempo de espera para el fluido en la cámara, lo cual a su vez se cree que incrementa el cloro activo libre en el ácido y logra un pH preferido del producto resultante.

Apegándose a una característica adicional del sistema de electrólisis ilustrado 10, las células de cátodo y ánodo 14, 15 son aseguradas juntas para formar un cartucho singular 11 para fácil montaje dentro del baño de salmuera 16 y un uso eficiente y confiable. Para este fin, los sujetadores de cátodo y ánodo electrodo 20, 40, las membranas 21, 42, las arandelas de sellado 22, 41 y la placa divisora 24 son formados con arreglos rectangulares de aberturas de recepción de perno de montaje alineadas 45 que rodean los electrodos para recibir pernos de sujeción 46, preferiblemente hechos de nylon u otro material no metálico y asegurados mediante tuercas de sujeción de nylon 48 (figura 5). En la condición ensamblada y durante el uso del cartucho 11, la placa divisora central 24 mantendrá las membranas 21, 42 en relación paralela a las placas de electrodos C1, C2, A1, A2 para un procesamiento óptimo. "En relación paralela" se puede utilizar para describir la placa divisora central y/o placas de electrodo que son planas y paralelas, pero también se puede utilizar para describir la placa divisora central y/o placas de electrodo que tienen cierta curvatura (una o más placas divisoras centrales y/o placas de electrodo) pero están acomodadas en una manera que sería paralela en la ausencia de la curvatura. Para este fin, las arandelas 22, 41 y sus montajes están diseñados para garantizar que no impidan

la alineación paralela de los componentes del cartucho. Las arandelas 22, 41 están formadas de un material deformable, tal como caucho de silicona, y cada una tiene un grosor transversal mayor que la profundidad de las ranuras de recepción 50 en los sujetadores 20, 40 en los cuales están montadas. Al momento de asegurar los componentes del cartucho mediante pernos de sujeción 46, las arandelas 22, 41 son transversalmente comprimidas en su totalidad dentro de las ranuras de recepción 50. En dicha condición comprimida, las arandelas 22, 41 efectúan un sellado confiable alrededor de los electrodos ensamblados A1, A2, C1, C2 mientras que garantizan que las arandelas 22, 41 no presenten una superficie de asentamiento desigual que pudiera conducir a una alineación no paralela de los componentes del cartucho que resulta de apretar los pernos de retención 46 con diferentes fuerzas. En la modalidad ilustrada, las ranuras de recepción pueden tener una profundidad de 0.050 cm (0.020 pulgadas) y las arandelas un grosor de 0.063 cm (0.025 pulgadas). Por lo tanto, los pernos 46 se pueden asegurar con un torque predeterminado que garantice tanto un contacto de sellado apropiado como una alineación de los componentes del ensamblaje, y particularmente la alineación de los electrodos A1, A1, C1, C2 y las membranas 21, 42.

Con el cartucho ensamblado 11 soportado dentro del baño

de salmuera 16, la salmuera puede circular libremente a través de la placa divisora 24 para un intercambio de iones eficiente a través de las membranas 21, 42 en cada lado de la placa divisora 24. Un par de puertos de entrada de agua 55 (figura 6) que se comunican a través de un costado del sujetador del cátodo 20 adyacente al fondo del sujetador 20 permiten que corrientes de flujo de agua avancen separadamente a través de las cámaras conteniendo individualmente los cátodo electrodos C1, C2. El sujetador de electrodo 20 de manera similar tiene un par de puertos de salida 56 adyacentes a una parte superior del sujetador a través del cual el agua alcalina electrolizada procesada sale de las cámaras que contienen el cátodo del sujetador 20. Se apreciará que el paso de agua en dicha dirección ascendente evita áreas de estancamiento y acumulación de gas dentro de las cámaras de cátodo lo cual puede impedir un intercambio eficiente.

De acuerdo con otra característica importante de esta modalidad, los bolsillos 30 (figuras 1, 4 y 5) definidos entre la pared interior del sujetador del cátodo electrodo 20 y los cátodo electrodos C1, C2 permiten un flujo de fluido incrementado a través de la célula del cátodo 14 con un tiempo de espera en la célula para mejorar el intercambio de iones desde la salmuera en circulación. Esto se realiza sin

incrementar la separación crítica entre los cátodo electrodos C1, C2 y la membrana 21. En su lugar, una porción del flujo del líquido desde las entradas 55 puede desviarse de los espacios libres pequeños entre los cátodo electrodos C1, C2 y la membrana 21, lo cual de otra manera podría provocar una acumulación de presión incrementada, mayor extensiones sobre la membrana, y una velocidad de flujo superior a través de la célula con un tiempo de espera ineficiente para un intercambio de iones adecuado. En algunas modalidades, los bolsillos 30 tienen una profundidad D de al menos 2 veces la separación entre la membrana y los cátodo electrodos, incluyendo al menos 10 veces la separación entre la membrana y los cátodo electrodos. En algunas modalidades, los bolsillos 30 tienen una profundidad D de aproximadamente 2 veces a aproximadamente 100 veces la separación entre la membrana y los cátodo electrodos, incluyendo de aproximadamente 10 veces a aproximadamente 50 veces la separación entre la membrana y los cátodo electrodos. En una modalidad típica, la separación entre la membrana y el cátodo electrodo es 0.050 cm (0.02 pulgadas) y la profundidad del bolsillo es 1.27 cm (0.5 pulgadas).

Tal como aquí se describió, cuando se sumerge en solución de salmuera de un baño de salmuera abierto 16 y se proporciona con una fuente de agua dulce y conectado a

suministros de energía de corriente directa, el cartucho 11 puede ser utilizado para producir agua electrolizada ácida y agua electrolizada alcalina. Agua dulce (por ejemplo, agua suavizada) 130 entra a la célula electrolizada del cátodo 14 para contactar cada cátodo electrodo C1, C2. Cuando se energiza, iones positivos (por ejemplo, Na^+) son extraídos de la solución de salmuera del baño de salmuera abierto 16, a través de membranas de intercambio de iones de cationes 21, y dentro de un flujo de agua dulce que contacta los cátodo 10 electrodos C1, C2.

Se ha encontrado que el diseño único de la célula del cátodo 14 permite una alta producción del flujo de una concentración lista para uso de catolito. A partir de lo anterior, se puede observar que el sujetador de cátodo 20 es 15 efectivo para retener los cátodo electrodos C1, C2 a una distancia apropiada de la membrana de intercambio de iones de cationes 21 para una concentración de catolito y eficiencia eléctrica óptima. Las trayectorias de flujo dual alrededor de la membrana 21 permiten que el catolito altamente concentrado 20 producido entre los cátodo electrodos y la membrana 21 se mezcle fácilmente con la corriente de solución que pasa detrás de los cátodo electrodos C1, C2. Esto diluye de manera efectiva el catolito a una concentración lista para uso internamente dentro de la célula del cátodo 14. Por lo tanto,

el usuario nunca tiene acceso o exposición externa a la corriente de catolito concentrada entre los cátodo electrodos C1, C2 y la membrana 21. Los bolsillos o cámaras relativamente más profundos 30 detrás de los cátodo electrodos C1, C2 también permiten un flujo superior a través de los bolsillos o cámaras 30 a una presión manejable mientras que se incrementa el tiempo de espera que la solución permanece en las cámaras para un flujo determinado, lo cual a su vez incrementa la concentración del catolito. Los puertos de salida 56 además pueden ser diseñados para mantener la presión dentro de la célula del cátodo 14 a un nivel manejable.

El diseño del cátodo electrodo de placa dual eleva al máximo el área de superficie de contacto entre las superficies de electrodo y la corriente de agua de entrada, lo cual adicionalmente incrementa la eficiencia de la producción de electrodos. El área de superficie de electrodo grande por cantidad determinada de energía eléctrica aplicada y volumen de agua a su vez facilita la creación de una concentración superior de catolito. Las superficies de metal de placa de cátodo expandidas además permiten que la corriente de agua de entrada se desplace en los espacios entre los cátodo electrodos C1, C2 y la membrana 21 y entre los electrodos C1, C2 y el sujetador de electrodo 20. Esto

permite que la alta concentración de catolito producido entre los cátodo electrodos C1, C2 y la membrana 21 se mezcle fácilmente con la corriente de solución que pasa detrás de las placas de electrodo, lo cual de manera efectiva diluye el catolito a su estado listo para uso. El catolito de alta concentración pasa internamente en la célula del cátodo 14 para que, tal como se indica, el usuario nunca tenga acceso externo a la corriente de catolito de alta concentración. Las superficies de electrodo de metal expandidas también introducen turbulencia en las corrientes de la solución que limitan la capacidad de que se acumulen burbujas de gas de hidrógeno en las superficies del cátodo electrodo. Esto incrementa de manera efectiva la eficiencia de la producción de catolito manteniendo un área de contacto máxima de la solución con los cátodo electrodos C1, C2. Esto también elimina la capacidad de que se formen burbujas de gas grandes lo cual potencialmente provocaría incrementos de temperatura localizados y posibles fallas prematuras de la célula del cátodo.

El diseño de célula de ánodo único permite un flujo especificado de anolito en concentración listo para uso a un pH preferiblemente entre 5 y 6. El sujetador de ánodo electrodo 40 nuevamente está diseñado para sujetar los ánodo electrodos A1, A1 a la distancia apropiada de la membrana

negativa o permeable a los aniones 42 para una eficiencia eléctrica y concentración de anolito optimizadas. El sujetador de electrodo 40 en este caso crea una configuración de trayectoria de flujo dual diferente que facilita que el

5 anolito de alta concentración producido entre los ánodo electrodos A1, A2 y la membrana 42 se mezclen fácilmente con la corriente de solución que pasa a través de los pasos auxiliares 43 alrededor de los perímetros exteriores de los ánodo electrodos A1, A2. Este arreglo de flujo dual se logra

10 mediante el sujetador del ánodo electrodo que tiene cámaras más anchas que los electrodos (cámara de 10.16 cm (4 pulgadas) de ancho versus electrodo de 7.62 cm (3 pulgadas) de ancho) de manera que las corrientes de flujo dual o auxiliar a través de los pasos auxiliares 43 diluyen de

15 manera efectiva el anolito a su concentración lista para uso internamente en la célula del ánodo. Por lo tanto, el usuario nuevamente nunca tiene acceso externo a la corriente de anolito concentrado. La célula del ánodo 15 permite el control del pH del anolito al mezclar fácilmente la corriente

20 de bajo pH ubicada entre los ánodo electrodos A1, A2 y la membrana 42 con la corriente de pH superior que pasa alrededor del perímetro de los ánodo electrodos A1, A2. Por lo tanto, el usuario no tiene acceso externo a una corriente de anolito que no está entre el rango de pH preferido de 5 y

6. Las corrientes de flujo auxiliares además disminuyen la presión dentro de la célula del ánodo 15 incrementando el área en sección transversal de la corriente de flujo sin afectar la membrana crítica y la separación del ánodo electrodo.

La figura 15 ilustra una modalidad ejemplar de un sistema que incluye velocidades de flujo ejemplares. Las células de cátodo y ánodo 14, 15 tienen cátodo y ánodo electrodos C1, C2, A1 y A2 tal como se describió antes. Un suministro de agua suave 130 alimenta los cátodo electrodos C1 y C2. El cátodo electrodo C1 (es decir, un primer cátodo electrodo) genera el producto 150 (es decir, agua electrolizada alcalina) a, por ejemplo 1.6 GPM, y el cátodo electrodo C2 (es decir, un segundo cátodo electrodo) genera una corriente de alimentación alcalina 160, la cual es enrutada para alimentar los ánodo electrodos A1 y A2 (es decir, un primer ánodo electrodo y un segundo ánodo electrodo). En la modalidad ilustrativa, los ánodo electrodos A1 y A2 generan, por ejemplo, un total de 0.6 GPM de producto 170 (agua electrolizada ácida), cuyo pH puede ser monitoreado, por ejemplo, por un sensor de pH 175.

En algunas modalidades, los cátodo electrodos C1, C2 pueden ser operados en un modo de "corriente escalonada", el cual se muestra en las figuras 15 y 16, particularmente la

figura 16, la cual ilustra un esquema eléctrico ejemplar para la modalidad de la figura 15. Por ejemplo, el cátodo electrodo C1 puede ser operado a una mayor velocidad de flujo de agua y corriente eléctrica que el cátodo electrodo C2, el cual se puede realizar para impulsar una mayor producción de producto 150 (es decir, agua electrolizada alcalina). En algunas modalidades, el cátodo electrodo C1 es operado a una corriente de aproximadamente 2 a aproximadamente 5 veces mayor que el cátodo electrodo C2. Tal como se ilustra en la figura 16, un ejemplo de la corriente escalonada es la siguiente: el cátodo electrodo C1 es operado a -25 A, mientras que el cátodo electrodo C2 es operado a -10 A, con una corriente positiva correspondiente que pasa a un ánodo electrodo apropiado. Otra función del modo de "corriente escalonada" es liberar la corriente total colocada en un ánodo electrodo. La reducción y/o equilibrio de la corriente a través de dos ánodos permite el control del pH del agua electrolizada alcalina y/o el agua electrolizada ácida. En algunas modalidades que utilizan el modo de corriente escalonada, al menos tres suministros de energía (por ejemplo, PS 1, PS 2 y PS 3) están conectados a los cátodo y ánodo electrodos C1, C2, A1, A2.

En las modalidades ilustradas en las figuras 15 y 16, el producto del cátodo electrodo C1 150 es agua electrolizada

alcalina y abandona el sistema. El producto 150 puede ser utilizado, por ejemplo, como limpiador alcalino. En algunas modalidades, el sistema 10 es operado para producir un producto del cátodo electrodo C1, es decir, producto 150) que
5 tiene un pH de aproximadamente 10 a aproximadamente 13, incluyendo un pH de aproximadamente 11.5 a aproximadamente 12.5, y un producto del cátodo electrodo C2 (es decir, corriente de alimentación alcalina 160) que tiene un pH mayor que 7, por ejemplo, de aproximadamente 8 a aproximadamente 12.

10 En las modalidades ilustradas en las figuras 15-16, particularmente la figura 15, el producto del cátodo electrodo C2 (es decir, corriente de alimentación alcalina 160) es enrutado para contactar la superficie de los ánodo electrodos A1, A2 de la célula del electrolizador del ánodo
15 15. El flujo del producto del cátodo electrodo C2 puede ser dividido aproximadamente de manera uniforme (por ejemplo, 0.3 GPM) entre los ánodo electrodos A1, A2, lo cual se ilustra en la figura 15. Cuando se energiza, la carga positiva de los ánodo electrodos A1, A2 extrae iones negativos (por ejemplo,
20 Cl-) de la solución de salmuera del baño de salmuera abierto 16 (por ejemplo, figura 1), a través de la membrana permeable a los aniones del ánodo 42 (por ejemplo, figura 3) y dentro del flujo del producto del cátodo electrodo C2, el cual forma agua electrolizada ácida (por ejemplo, producto 170). La suma

de corrientes de los ánodo electrodos A1, A2 equilibra la corriente negativa suministrada a los cátodo electrodos C1, C2. Por ejemplo, si los cátodo electrodos C1, C2 son operados a una corriente de suma de 35A, entonces los ánodo electrodos A1, A2 debieran ser operados a una corriente de suma de +35 A, por ejemplo, cada ánodo electrodo puede ser suministrado con 17.5 A de corriente.

El suministro del producto del cátodo electrodo a los ánodo electrodos proporciona el beneficio de incrementar el pH del producto del ánodo (es decir, el agua electrolizada ácida) de manera que el producto del ánodo puede tener un pH óptimo, por ejemplo, de aproximadamente 4.5 a aproximadamente 6, incluyendo de aproximadamente 5.2 a aproximadamente 5.5.

Las figuras 17 y 18 ilustran una modalidad ejemplar adicional que incorpora ósmosis inversa (por ejemplo, modalidad de un ósmosis inversa), un suministro de agua que pasa a través de un sistema de suavización de agua, y proporcionando un suministro de agua suave 130. El agua suavizada pasa a través de un sistema de ósmosis inversa 210. La corriente del producto 212 del sistema de ósmosis inversa 210 es suministrada como agua de alimentación a la célula del electrolizador del cátodo 14 y contactando los cátodo electrodos C1, C2, cada uno de los cuales es operado para producir producto 150 (es decir, agua electrolizada

alcalina). A diferencia de las modalidades de las figuras 15 y 16, en las modalidades de las figuras 17 y 18, ninguna del agua electrolizada alcalina de las modalidades de las figuras 17 y 18 es enviada a la célula del electrolizador del ánodo 15 o contactada con los ánodo electrodos A1, A2. En algunas modalidades, el agua suavizada, por ejemplo, del suministro de agua suave 130 y la corriente de retrolavado 214 del sistema de ósmosis inversa 210 se combinan (por ejemplo, a través de un dispositivo de mezclado 220) y son contactadas 10 con los ánodo electrodos A1, A2 permitiendo así que el sistema de ósmosis inversa 210 sea operado con una eficiencia esencialmente máxima con relación al uso de agua. Cuando se utiliza, la configuración establecida en este párrafo de las figuras 17 y 18 puede ser operada con un número par de 15 suministros de energía (por ejemplo, dos: PS 1 y PS 2) debido a que los cátodo y ánodo electrodos C1, C2, A1, A2 pueden ser operados a una operación de corriente correspondiente (por ejemplo, $C1 = 17.5 \text{ A}$, $C2 = 17.5 \text{ A}$, $A1 = +17.5 \text{ A}$, $A2 = +17.5 \text{ A}$), en oposición a la operación de corriente escalonada aquí 20 descrita. Por lo tanto, la configuración eléctrica de la modalidad de ósmosis inversa puede ser simple con relación a las modalidades de las figura 15 y 16. Las velocidades de flujo mostradas en las figuras 15-18 pretenden ser ejemplares en naturaleza y no se debieran interpretar como una

limitación.

A partir de lo anterior, se puede observar que se proporciona un sistema de electrólisis que opera para producir en una manera económica cantidades superiores de
5 aguas electrolizadas dentro de los rangos de pH prescritos para uso óptimo. El sistema comprende células del electrolizador que tienen una construcción única que permite una producción incrementada de agua electrolizada y que operan para producir cantidades mayores de agua electrolizada
10 alcalina que el agua electrolizada ácida consistente con los requerimientos de usuario. Las células además puede operar con corrientes de entrada escalonadas y la redirección de agua electrolizada para control óptimo de niveles de pH de los productos electrolizados alcalino y ácido resultantes.