

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 764 576**

51 Int. Cl.:

C02F 1/461	(2006.01)
C25F 7/00	(2006.01)
C25B 9/00	(2006.01)
C23F 13/00	(2006.01)
C02F 1/467	(2006.01)
C25B 9/18	(2006.01)
C25B 15/02	(2006.01)
C25B 15/08	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.08.2011 E 17177511 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2019 EP 3257819**

54 Título: **Generador electrolítico in situ**

30 Prioridad:

06.08.2010 US 371585 P
06.08.2010 US 371490 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.06.2020

73 Titular/es:

DE NORA HOLDINGS US, INC. (100.0%)
7590 Discovery Lane
Concord, OH 44077, US

72 Inventor/es:

LEE, KYLE VINCENT;
SANCHEZ, JUSTIN L.;
SANTILLANES, MATTHEW;
SCHWARZ, KEVIN M.;
SCHOWALTER, GEOFFREY CLARKE y
STEWART, WILLIAM J.

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 764 576 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

Generador electrolítico in situ

5 **Campo de la invención (campo técnico):**

La presente invención se refiere a un generador electrolítico in situ que está casi libre de mantenimiento.

Antecedentes de la técnica:

10 Debe apreciarse que la siguiente discusión se refiere a una serie de publicaciones y referencias. La discusión de tales publicaciones en el presente documento se proporciona para obtener información más completa sobre los principios científicos y no debe interpretarse como una admisión de que dichas publicaciones son una técnica anterior para propósitos de determinación de patentabilidad.

15 Las tecnologías electrolíticas que utilizan ánodos dimensionalmente estables se han desarrollado para producir oxidantes mixtos y soluciones de hipoclorito de sodio a partir de una solución de salmuera de cloruro de sodio. Los ánodos dimensionalmente estables se describen en la Patente de Estados Unidos N.º 3.234.110 de Beer, titulada "Electrodo y método para hacer lo mismo", en donde se aplica un recubrimiento de metal noble sobre un sustrato de titanio. Las células electrolíticas han tenido un amplio uso para la producción de cloro y oxidantes mixtos para la desinfección del agua. Algunas de las células electrolíticas más simples se describen en la Patente de Estados Unidos N.º 4.761.208, titulada "Método electrolítico y célula para esterilizar agua", y la patente de los Estados Unidos N.º 5.316.740, titulada "Célula electrolítica para generar soluciones de esterilización que tienen un mayor contenido de ozono".

25 Las células electrolíticas vienen en dos variedades. La primera categoría comprende células divididas que utilizan membranas para mantener la separación completa de los productos de ánodo y cátodo en las células. La segunda categoría comprende células indivisas que no utilizan membranas, pero eso tampoco sufre tanto por los problemas asociados con el ensuciamiento de la membrana. Sin embargo, está bien aceptado que uno de los principales mecanismos de falla de las células electrolíticas indivisas es la acumulación de películas no deseadas en las superficies de los electrodos. La fuente de estos contaminantes viene normalmente desde el agua de alimentación hasta el proceso de generación in situ o contaminantes en la sal que se usa para producir la solución de salmuera que alimenta el sistema. Normalmente, estas películas no deseadas consisten en manganeso, carbonato de calcio u otras sustancias no deseadas. Si la acumulación de estas películas no se controla o no se eliminan de forma bastante regular, las células electrolíticas perderán eficiencia operativa y eventualmente fallarán catastróficamente (debido a la alta densidad de corriente localizada, arco eléctrico o algún otro evento). Normalmente, los fabricantes protegen contra este tipo de acumulación al incorporar un ablandador de agua en el agua de alimentación al sistema para evitar que estos contaminantes entren en la célula electrolítica. Sin embargo, estos contaminantes entrarán en el proceso con el tiempo a partir de contaminantes en la sal utilizada para hacer la salmuera. La sal de alta calidad generalmente se especifica para minimizar la incidencia de las operaciones de limpieza de células. Los procesos son bien conocidos en la técnica para purificar sal a niveles de especificación que evitarán la entrada de contaminantes en la célula. Sin embargo, estos procesos de limpieza de sal, aunque obligatorios para el funcionamiento efectivo de las células divididas, se consideran demasiado complicados para procesos de generación in situ más pequeños que utilizan células indivisas.

45 La Solicitud de Patente de los Estados Unidos N.º de Serie 11/287.531 está dirigida a un detector de carbonato y describe un posible medio para monitorear una célula electrolítica para la acumulación de película interna. Otro medio posible para monitorear la acumulación de carbonato en las células que utilizan esquemas de control de corriente constante es monitorear la tasa de flujo de salmuera a la célula. A medida que aumenta el flujo de salmuera, es usualmente, pero no siempre, indicativo de la formación de carbonato en el electrodo del cátodo que crea resistencia eléctrica en la célula. Aparte de estos métodos y/o inspección visual del funcionamiento interno de una célula, actualmente no existe un método adecuado para monitorear el estado interno de la acumulación en una célula electrolítica.

50 El método aceptado actualmente para limpiar una célula electrolítica es enjuagarla con un ácido (a menudo ácido muriático o clorhídrico) para eliminar cualquier depósito que se haya formado. Normalmente, los fabricantes recomiendan realizar esta acción de forma regular, al menos anualmente, pero a veces tan a menudo como mensualmente. Por lo tanto, existe la necesidad de un método más confiable para asegurar la limpieza de la célula electrolítica: realizar un proceso de limpieza de forma automatizada que no requiera el uso de un suministro separado de consumibles como el ácido muriático o clorhídrico, y que no requieren intervención del operador.

60 La Patente de los Estados Unidos N.º 5.853562 de Eki et al. titulada "Método y aparato para electrolizar agua" describe un proceso para invertir la polaridad de los electrodos en una célula electrolítica sin membrana con el fin de eliminar la incrustación de carbonato y extender la vida útil de la célula electrolítica. Este método de limpieza de células electrolíticas se usa habitualmente en el flujo a través de cloradores electrolíticos que convierten la sal de cloruro de sodio en el agua de la piscina en cloro mediante electrólisis. Sin embargo, el flujo utilizado actualmente a

través de las células electrolíticas está construido con electrodos (ánodo y cátodo) que tienen revestimientos catalíticos comunes. A medida que cambia la polaridad eléctrica, el viejo cátodo se convierte en el ánodo, y el ánodo se convierte en el cátodo. Se han desarrollado revestimientos catalíticos especiales para estas aplicaciones, Por ejemplo, Eltech Corporation ha desarrollado el revestimiento EC-600 específicamente para el mercado de cloración de piscinas. El cloruro de sodio se agrega normalmente al agua de la piscina elevando el contenido total de sólidos disueltos (TDS) a aproximadamente 4 a 5 gramos por litro. En estos valores de TDS, la densidad de corriente en las células electrolíticas de la piscina es relativamente baja. Los revestimientos de ánodos especiales para aplicaciones de piscinas están diseñados para tolerar estas bajas densidades de corriente durante períodos prolongados con polaridad aplicada en cualquier dirección. Sin embargo, la mayoría de los ánodos estables dimensionalmente para la producción de cloro en células electrolíticas sin membrana que producen cloro a una concentración de 8 gramos por litro (8000 mg/l) de cloro libre disponible (FAC) no pueden tolerar altas densidades de corriente (mayores de aproximadamente 1 amperio por cuadrado de 2,54 cm (pulgada)) en modo de polaridad inversa. Por tanto, aunque simplemente invertir la polaridad funciona para células electrolíticas de baja densidad de corriente, no funcionará para células electrolíticas que normalmente operan a una alta densidad de corriente, ya que el ánodo se dañará si se aplica una alta densidad de corriente durante la operación de limpieza de polaridad inversa.

Uno de los otros elementos de mantenimiento para generadores electrolíticos es el requisito de que los operadores ocasionalmente midan y establezcan el flujo de agua en el sistema. El flujo a través del generador puede variar mucho con la presión de agua entrante y saliente y/o la acumulación de contaminantes en el sistema o las células electrolíticas. Normalmente, las mediciones se realizan con medidores de flujo o con mediciones de volumen cronometradas, y los ajustes al flujo se realizan con válvulas manuales. Es importante mantener el generador electrolítico funcionando dentro de las especificaciones de flujo, ya que garantiza un funcionamiento confiable a largo plazo del generador dentro de sus especificaciones de eficiencia.

El documento US 2009/229992 A1 divulga un método y aparato para un bajo mantenimiento, y alta confiabilidad del generador electrolítico in situ que incorpora monitoreo automático de células para la acumulación de película contaminante, así como eliminar automáticamente la película contaminante.

El documento JP 2000 153274 A divulga un generador de agua electrolítico en el que, cuando se recibe una señal de un interruptor electrolítico o un sensor de detección de usuario, se abre una válvula solenoide para arrancar una bomba de salmuera. El agua y la salmuera almacenada en un tanque de salmuera se suministran a una parte de mezcla. La salmuera se suministra a una célula electrolítica a través de un filtro y se realiza la electrólisis. El agua ácida que comprende ácido hipocloroso se descarga y el agua alcalina se descarga por una válvula de conmutación de paso. Una señal de un sensor de flujo enciende o apaga la bomba de salmuera y la célula electrolítica. Se genera tensión residual entre los electrodos cuando se detiene la electrólisis y se detecta el suministro de agua. El tiempo de suministro de agua cuando se detiene la electrólisis se determina a partir de la tensión residual.

El documento JP H07 328627 A divulga un método en el que se realiza un proceso de limpieza de estado de tensión inversa cuando se activa un interruptor de parada en un estado de generación de agua electrolítica. El proceso para mantener el estado de limpieza de tensión inversa se repite hasta que un valor de corriente aplicado en los electrodos está más allá de un rango establecido. La limpieza de tensión inversa se lleva a cabo mientras se sumergen los electrodos en la célula electrolítica completamente en agua en el lavado a contracorriente cuando el agua que queda en las tuberías de descarga inmediatamente después de detener una bomba accionada por motor se suministra automáticamente a los compartimentos de electrodos por el cabezal. Se libera un depósito como calcio y sodio en el electrodo junto con el agua a contracorriente, pasa a través de la tubería de conexión y la bomba, se introduce en un tanque de almacenamiento de agua y se descarga fuera de la célula.

Sumario de la invención (divulgación de la invención)

Las realizaciones de la presente divulgación están relacionadas con un método para operar una célula electrolítica, comprendiendo el método las etapas de suministrar salmuera a una célula electrolítica, produciendo uno o más oxidantes en la célula electrolítica, detectar un nivel de acumulación de contaminantes, detener automáticamente el suministro de salmuera después de detectar un umbral superior de contaminantes, limpiar automáticamente la célula electrolítica, reduciendo así los contaminantes en la célula electrolítica, y continuar automáticamente produciendo los uno o más oxidantes después de que se detecta un umbral de contaminante más bajo. La etapa de limpieza comprende preferiblemente proporcionar salmuera a una célula electrolítica generadora de ácido, generar un ácido en la célula electrolítica generadora de ácido e introducir el ácido en la célula electrolítica. El ácido comprende preferiblemente ácido muriático o ácido clorhídrico. El método comprende preferiblemente además la etapa de diluir la salmuera. La etapa de detección comprende preferiblemente utilizar un detector de carbonato. La etapa de detección comprende preferiblemente medir la tasa de consumo de salmuera en la célula electrolítica, opcionalmente midiendo una cantidad seleccionada del grupo que consiste en la salida del medidor de flujo, temperatura de la célula electrolítica, velocidad de la bomba de salmuera y caudal de agua entrante. El método preferiblemente comprende además comparar la tasa de consumo de salmuera con la tasa de consumo de salmuera en una célula electrolítica limpia. La etapa de limpieza comprende opcionalmente usar un dispositivo ultrasónico y/o usar un dispositivo de limpieza de electrodo mecánico accionado magnéticamente, o invertir la polaridad de los electrodos en la célula electrolítica, bajando así el pH en un cátodo.

Las realizaciones de la presente divulgación también están relacionadas con un aparato para producir un oxidante, comprendiendo el aparato un suministro de salmuera, una célula electrolítica, un suministro de ácido y un sistema de control para introducir automáticamente el ácido del suministro de ácido en la célula electrolítica. El suministro de ácido comprende preferiblemente una segunda célula electrolítica, y el suministro de salmuera proporciona preferiblemente salmuera a la segunda célula electrolítica durante un ciclo de limpieza. El aparato preferiblemente comprende además una bomba de salmuera de velocidad variable, un detector de carbonato, uno o más termopozos para medir la temperatura de dicha célula electrolítica, y/o uno o más medidores de flujo para medir el caudal de salmuera.

Las realizaciones de la presente divulgación también están relacionadas con un aparato para producir un oxidante, comprendiendo el aparato un suministro de salmuera, una célula electrolítica, un mecanismo de limpieza en la célula electrolítica y un sistema de control para activar automáticamente el mecanismo de limpieza. El mecanismo de limpieza se selecciona preferiblemente del grupo que consiste en una bocina ultrasónica, dispositivo de limpieza mecánica de electrodo accionado magnéticamente y solución ácida en una superficie catódica. El aparato comprende además preferiblemente un dispositivo seleccionado del grupo que consiste en un detector de carbonato, al menos un termopozo para medir una temperatura de dicha célula electrolítica, y un medidor de flujo para medir un caudal de salmuera.

Las realizaciones de la presente divulgación también están relacionadas con un método para limpiar una célula electrolítica que comprende electrodos, comprendiendo el método las etapas de invertir las polaridades de dos o más de los electrodos y proporcionar una densidad de corriente de limpieza a los electrodos que es menor que una densidad de corriente operativa utilizada durante el funcionamiento normal de la célula electrolítica. Durante el funcionamiento normal, la célula electrolítica produce preferiblemente una concentración de cloro libre disponible mayor de aproximadamente cuatro gramos por litro, más preferiblemente mayor de aproximadamente cinco gramos por litro, y lo más preferiblemente aproximadamente ocho gramos por litro. La densidad de corriente operativa es preferiblemente mayor que aproximadamente un amperio por cuadrado de 2,54 cm (pulgada). La densidad de corriente de limpieza es preferiblemente inferior a aproximadamente el 20 % de la densidad de corriente operativa, y más preferiblemente entre aproximadamente el 10 % y aproximadamente el 15 % de la densidad de corriente operativa. La etapa de suministro se realiza preferiblemente durante menos de aproximadamente treinta minutos, y más preferiblemente durante aproximadamente cinco minutos y aproximadamente diez minutos. La etapa de inversión opcionalmente comprende usar al menos un relé de fuente de alimentación u otro dispositivo de conmutación. La densidad de corriente operativa se proporciona preferiblemente mediante una fuente de alimentación operativa y la densidad de corriente de limpieza se proporciona preferiblemente mediante una fuente de alimentación de limpieza separada. La capacidad de producción de energía de la fuente de alimentación de limpieza es preferiblemente menor que la capacidad de producción de energía de la fuente de alimentación operativa. El método comprende preferiblemente además la etapa de monitorear un caudal de electrolito a través de la célula electrolítica. La etapa de monitoreo se realiza preferiblemente usando un medidor de flujo, un rotámetro, o un transductor de presión, o monitorizando una diferencia de temperatura a través de la célula electrolítica a través de un primer termopar o termopozo dispuesto en una entrada de la célula electrolítica y un segundo termopar o termopozo dispuesto en una salida de la célula electrolítica. El método comprende además preferiblemente la etapa de ajustar automáticamente el caudal, y preferiblemente comprende además la etapa de iniciar un ciclo de limpieza a un caudal predeterminado.

Las realizaciones de la presente divulgación también están relacionadas con un método para limpiar una célula electrolítica que comprende electrodos, comprendiendo el método las etapas de invertir las polaridades de dos o más de los electrodos y proporcionar una diferencia de potencial de tensión de limpieza a los electrodos que es menor que una diferencia de potencial de tensión operativa utilizada durante el funcionamiento normal de la célula electrolítica. Durante el funcionamiento normal, la célula electrolítica produce preferiblemente una concentración de cloro libre disponible mayor de aproximadamente cinco gramos por litro. La etapa de suministro se realiza preferiblemente durante un tiempo entre aproximadamente cinco minutos y aproximadamente diez minutos. La etapa de inversión comprende preferiblemente usar al menos un relé de fuente de alimentación u otro dispositivo de conmutación. La diferencia de potencial de tensión operativa se proporciona preferiblemente mediante una fuente de alimentación operativa y la diferencia de potencial de tensión de limpieza se proporciona preferiblemente mediante una fuente de alimentación de limpieza separada. El método comprende preferiblemente además las etapas de controlar un caudal de electrolito a través de la célula electrolítica y ajustar automáticamente el caudal.

Las realizaciones de la presente divulgación también están relacionadas con un aparato para producir productos electrolíticos, comprendiendo el aparato una célula electrolítica que comprende electrodos; una primera fuente de alimentación para proporcionar una primera densidad de corriente a los electrodos, una segunda fuente de alimentación para proporcionar una segunda densidad de corriente a los electrodos, la segunda fuente de alimentación con una polaridad opuesta a la primera fuente de alimentación, en donde la segunda densidad de corriente es más pequeña que la primera densidad de corriente. La célula electrolítica produce preferiblemente una concentración de cloro libre disponible mayor de aproximadamente cinco gramos por litro. La segunda densidad de corriente está preferiblemente entre aproximadamente el 10 % y aproximadamente el 15 % de la primera densidad de corriente. El aparato preferiblemente comprende además al menos un relé de fuente de alimentación u otro

dispositivo de conmutación, y preferiblemente comprende un dispositivo de monitorización de flujo para monitorizar un caudal de electrolito a través de la célula electrolítica. El dispositivo de monitoreo de flujo se selecciona preferiblemente del grupo que consiste en un medidor de flujo, un rotámetro, un transductor de presión, un par de termopares y un par de termopozos. Si se usa un par de termopares o termopozos, un termopar o termopozo está dispuesto preferiblemente en una entrada de la célula electrolítica y otro termopar o termopozo está dispuesto preferiblemente en una salida de la célula electrolítica. El aparato preferiblemente comprende además una válvula accionada electrónicamente para ajustar el caudal.

Una realización de la presente divulgación es un método para operar una célula electrolítica, comprendiendo el método monitorizar un caudal de salmuera, monitorear el caudal y la presión del agua, formar un electrolito mezclando salmuera y agua, ajustar automática y separadamente el caudal de salmuera y el caudal de agua para que la presión y el caudal del electrolito estén dentro de los límites predeterminados antes de la electrólisis del electrolito, y electrolizar el electrolito. El ajuste automático y por separado del caudal de salmuera y el caudal de agua asegura preferiblemente que la salinidad y/o concentración del electrolito estén dentro de los límites predeterminados antes de la electrólisis del electrolito. El método comprende además preferiblemente monitorizar una temperatura de electrolito y/o una temperatura oxidante. El método preferiblemente comprende además reducir la presión del agua a una presión de operación de electrólisis. El método preferiblemente comprende además detener la electrólisis para evitar daños causados por una presión de agua entrante que es demasiado alta o demasiado baja. El ajuste automático y por separado del caudal de salmuera y el caudal de agua se realiza preferiblemente en respuesta a una temperatura de electrolito, una temperatura de oxidante, una densidad de corriente de electrólisis, un caudal de agua, una presión de agua, un caudal de salmuera o combinaciones de los mismos. El método comprende además preferiblemente seleccionar una cantidad umbral baja de oxidante en un tanque de oxidante que señala el inicio de la electrólisis e iniciando la electrólisis del electrolito cuando los costos de electricidad son bajos aunque una cantidad de oxidante en el tanque oxidante sea mayor que la cantidad umbral baja.

Una realización de la presente divulgación es un aparato para realizar electrólisis, el aparato comprende una línea de entrada de salmuera que comprende una bomba de salmuera de velocidad variable y un interruptor de encendido y apagado, una línea de entrada de agua que comprende un sensor de presión, un medidor de flujo y una válvula de control de flujo, una conexión entre la línea de entrada de salmuera y la línea de entrada de agua, una célula electrolítica y un tanque de oxidante. El aparato comprende además preferiblemente una válvula reductora de presión en la línea de entrada de agua, una válvula de retención en la línea de entrada de salmuera, un dispositivo de medición de temperatura para medir una temperatura de electrolito, y/o un dispositivo de medición de temperatura para medir una temperatura de oxidante. El aparato comprende además preferiblemente un controlador para controlar por separado el funcionamiento de la bomba de salmuera de velocidad variable y la válvula de control de flujo de agua. El controlador funciona preferiblemente en respuesta a una o más entradas seleccionadas del grupo que consiste en una temperatura de electrolito, una temperatura de oxidante, una densidad de corriente en la célula electrolítica, un caudal de agua, una presión de agua y un caudal de salmuera.

Una realización de la presente divulgación es un método para limpiar una célula electrolítica, comprendiendo el método reducir la salinidad de un electrolito hasta que la densidad de corriente de la célula electrolítica caiga a o por debajo de una densidad de corriente de limpieza predeterminada, invertir la polaridad de un electrodo, mantener una tensión de electrodo constante, cesar un flujo de agua en la célula electrolítica, operar la célula electrolítica hasta que la densidad de corriente aumente o supere la densidad de corriente de limpieza predeterminada, comenzar el flujo de agua hacia la célula electrolítica hasta que la densidad de corriente disminuya a o por debajo de la densidad de corriente predeterminada, y repetir las etapas de cese, operación e inicio. Repetir las operaciones de cese, operación e inicio preferiblemente desaloja físicamente los contaminantes de la célula. Un flujo de salmuera en la célula electrolítica y un flujo de agua en la célula electrolítica son preferiblemente controlables independientemente. La etapa de descenso comprende detener el flujo de salmuera. El método opcionalmente comprende además aumentar la salinidad del electrolito si la densidad de corriente no aumenta suficientemente durante la etapa de operación. El método se realiza preferiblemente cuando una cantidad de oxidante en un tanque de oxidante es igual o inferior a una cantidad umbral baja predeterminada y después de la aparición de un evento predeterminado seleccionado del grupo que consiste en un período de tiempo transcurrido, exceder un tiempo de operación de la célula, exceder una cantidad de flujo de electrolitos a través de la célula y alcanzar un nivel de contaminación. El método preferiblemente comprende además iniciar el funcionamiento normal de la célula electrolítica sustancialmente inmediatamente después de que se complete la limpieza y eliminar los residuos tales como escamas de la célula electrolítica una vez que se completa la limpieza. El método se realiza en aproximadamente tres a cinco minutos. La etapa de repetición se realiza aproximadamente cada treinta segundos. El método se realiza preferiblemente aproximadamente una vez al mes. La densidad de corriente de limpieza predeterminada y el tiempo de limpieza total se eligen preferiblemente para exponer la célula electrolítica a una cantidad predeterminada de amperios-segundo, como 1800 amperios-segundos. La invención se define en la reivindicación 1.

Una realización de la presente divulgación es una célula electrolítica bipolar que comprende una pluralidad de módulos dispuestos en paralelo, comprendiendo cada módulo electrodos primarios y uno o más electrodos intermedios; un colector para distribuir electrolitos sustancialmente de manera uniforme entre cada módulo; un difusor de flujo en cada módulo ubicado dentro de una entrada de electrolito; y una región de separación en cada

módulo o aberturas en uno o más de los electrodos intermedios para facilitar la uniformidad del flujo de electrolitos y oxidantes en la célula electrolítica; en donde una dirección de flujo general del electrolito en cada módulo es paralela a los electrodos. El difusor de flujo bloquea preferiblemente el electrolito que ingresa a cada módulo para que no fluya directamente entre los electrodos. La región de separación está formada opcionalmente por la forma de los electrodos intermedios o por el tamaño de un protector de borde. El protector de borde comprende preferiblemente una o más ranuras para recibir y sostener los electrodos intermedios y preferiblemente comprende cloruro de polivinilo clorado (CPVC) o Viton®. El protector de borde es reemplazable preferiblemente por un protector de borde de diferente tamaño, permitiendo así que una carcasa de módulo único acomode diferentes tamaños de electrodos intermedios. Las aberturas en un electrodo intermedio están preferiblemente escalonadas o desplazadas de las aberturas en electrodos intermedios adyacentes.

Una realización de la presente divulgación también es un método para operar una célula electrolítica bipolar, el método comprende distribuir sustancialmente de manera uniforme un flujo de electrolito que ingresa a la célula electrolítica entre una pluralidad de módulos cuyas entradas y salidas están conectadas en paralelo, difundir un flujo de electrolito que ingresa a cada módulo para que el flujo de electrolito sea sustancialmente uniforme entre uno o más electrodos intermedios presentes en cada módulo, mezclar los flujos de electrolito entre los electrodos intermedios en una región de separación o a través de aberturas en uno o más de los electrodos intermedios, y generalmente hacer fluir el electrolito en una dirección paralela a los electrodos intermedios. La etapa de difusión comprende preferiblemente bloquear el electrolito que ingresa a cada módulo para que no fluya directamente entre los electrodos intermedios. El método comprende además preferiblemente seleccionar una cantidad umbral baja de oxidante en un tanque de oxidante que señala el inicio de la electrólisis, e iniciar la electrólisis del electrolito cuando los costos de electricidad son bajos aunque una cantidad de oxidante en el tanque de oxidante sea mayor que la cantidad umbral baja.

Los objetivos, ventajas y características novedosas, y el alcance adicional de aplicabilidad de la presente invención se expondrán en parte en la descripción detallada que sigue, tomado junto con los dibujos adjuntos, y en parte será evidente para los expertos en la materia al examinar lo siguiente, o puede ser aprendido por la práctica de la invención. Los objetivos y ventajas de la invención pueden realizarse y lograrse por medio de los instrumentos y combinaciones particularmente señalados en las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos, que se incorporan y forman parte de la memoria descriptiva, ilustran realizaciones de la presente invención y divulgación, y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención. Los dibujos tienen el único fin de ilustrar ciertas realizaciones de la invención y no deben interpretarse como limitantes de la invención. La invención es como se define en las reivindicaciones. En los dibujos:

la FIG. 1 es un diagrama de una realización de una unidad generadora in situ de bajo mantenimiento.

La FIG. 2 es un esquema de un sistema de polaridad inversa para la limpieza de células electrolíticas.

La FIG. 3 es un diagrama de una realización de un generador in situ de acuerdo con la presente divulgación.

La FIG. 4 es una vista isométrica de una realización de una célula de la presente divulgación, por ejemplo para usar con el generador in situ de la FIG. 3.

La FIG. 5A es una vista frontal de corte del lado de entrada de un módulo de la célula de la FIG. 4.

La FIG. 5B es una vista en perspectiva del lado de salida de un módulo de la célula de la FIG. 4.

La FIG. 6 es una vista en sección transversal de un módulo alternativo.

Descripción de las realizaciones preferidas

Las realizaciones de la presente divulgación son métodos y dispositivos mediante los cuales una célula electrolítica del generador in situ se controla preferiblemente para detectar la acumulación de contaminantes en las superficies de los electrodos, y cuando se detectan esos contaminantes, la célula electrolítica se limpia automáticamente (es decir, sin intervención del operador), proporcionando así un proceso simple, de bajo costo y confiable para lograr un generador altamente confiable, de bajo mantenimiento, in situ que no requiere la intervención típica del operador y/o equipo auxiliar (como un ablandador de agua) ahora requerido para una larga vida útil de las células electrolíticas.

El estado interno de las células electrolíticas se puede monitorear automáticamente al monitorear las entradas y el rendimiento de las células. Se sabe que la cantidad de salmuera que consume una célula depende de la cantidad y el tipo de acumulación de película en esa célula dada. Si el flujo de salmuera se controla continuamente, cualquier cambio dramático en el flujo de salmuera para alcanzar una corriente dada a una tensión dada es indicativo de un problema potencial con la acumulación de película dentro de una célula. Los dispositivos divulgados controlan preferiblemente las características de flujo de la salmuera, agua entrante, temperatura, etc., para determinar si ha habido o no acumulación de contaminantes dentro de la célula electrolítica. Cuando el sistema de control detecta una posible acumulación de película en la célula, la célula preferiblemente se lava automáticamente con ácido.

Un detector de carbonato integrado con una célula electrolítica, lavado automático con ácido y controles del dispositivo se puede utilizar. Una célula electrolítica separada de la que se usa para crear el oxidante mixto o el

hipoclorito de sodio se usa preferiblemente para crear el ácido in situ y bajo demanda y para proporcionar el ácido para la eliminación de contaminantes en la célula electrolítica que se usa para crear el hipoclorito de sodio u oxidantes mixtos. Alternativamente, se usa un depósito para almacenar ácido concentrado in situ para limpiar la célula y monitorear ese depósito de ácido y alarmar a los operadores cuando ese depósito de ácido necesite ser
 5 rellenado, así como opcionalmente diluir el ácido a una concentración deseada antes de lavar la célula. También se puede integrar una metodología de limpieza ultrasónica para eliminar automáticamente contaminantes no deseados cuando los contaminantes son detectados por los métodos descritos anteriormente.

Una realización de la presente divulgación se muestra en la FIG. 1. Todos los componentes de este dispositivo se montan preferiblemente en la placa posterior **15**. Los controles y las fuentes de alimentación para todos los
 10 componentes separados mostrados en esta realización están contenidos preferiblemente dentro de la caja de control **5**, pero, alternativamente, pueden ubicarse donde sea conveniente, preferiblemente siempre que haya controles maestros para el funcionamiento general del aparato.

La caja de control **5** muestra preferiblemente el estado de la unidad a través de la pantalla **10**, y los controles maestros, así como la energía eléctrica y/o las señales de los componentes se transportan preferiblemente a través de conexiones eléctricas **50** entre la caja de control **5** y los diversos componentes individuales. El agua (preferiblemente agua blanda) preferiblemente ingresa al sistema a través de la tubería de entrada de agua **30**, y la salmuera preferiblemente ingresa al sistema a través de la tubería de entrada de salmuera **25**. La salmuera,
 20 preferiblemente almacenada en un silo o tanque de salmuera saturado, se bombea preferiblemente a través de una bomba de salmuera de velocidad variable **20**, que es preferiblemente controlada y alimentada por conexión eléctrica **50**. La salmuera pasa preferiblemente a través del medidor de flujo **35**, que se puede controlar eléctricamente a través de una conexión eléctrica **50**. El sistema de control puede controlar el caudal de la salmuera aumentando la velocidad de la bomba de salmuera de velocidad variable. **20**.

Cuando el generador electrolítico está en modo de operación normal y está en la corriente objetivo y las tensiones objetivo, el flujo total a través de la célula electrolítica **55** puede ser monitoreado, por ejemplo por un medidor de flujo, rotámetro, o transductor de presión, o monitoreando el cambio de temperatura a través de la célula electrolítica **55** monitoreando el termopozo de entrada **65** y el termopozo de salida **70**. Cuando la caja de control **5** determina que
 30 el flujo está fuera del objetivo, por ejemplo en respuesta a fluctuaciones en la presión entrante y/o flujo al generador electrolítico, preferiblemente ajusta automáticamente el flujo cambiando la válvula de entrada de célula **6** controlada electrónicamente. De esta forma, la célula siempre puede operar cerca de los niveles de flujo objetivo y no requerirá rutinariamente la medición o el ajuste de los flujos entrantes.

Los datos de cualquiera de las siguientes fuentes (o combinaciones de datos de cualquiera de estas fuentes) se utilizan preferiblemente para determinar el caudal volumétrico de salmuera: medidor de flujo **35**, detector de carbonato **60**, célula electrolítica **55**, célula electrolítica generadora de ácido **45** y/o termopozos **65**, **70**. La válvula **40** puede dirigir el flujo a la célula electrolítica **55** o a la célula electrolítica generadora de ácido **45**. La válvula **40** normalmente hace fluir un electrolito que comprende salmuera diluida (ya que tanto la entrada de salmuera concentrada como la de agua se han conectado preferiblemente y la salmuera se ha diluido antes de que llegue a la
 40 válvula **40**) a la célula electrolítica **55**. En esta configuración operativa estándar, el sistema produce, por ejemplo, oxidantes mixtos o hipoclorito de sodio.

A medida que se acumulan contaminantes en el detector de carbonato **60**, el detector de carbonato **60** envía una serie de señales a la caja de control **5**, preferiblemente a través de conexiones eléctricas **50**, que indican si se acumula o no una película contaminante en la célula electrolítica **55**. Cuando el detector de carbonato **60** indica que hay película contaminante, la caja de control **5** preferiblemente comienza un ciclo de limpieza con ácido en el dispositivo, en donde la válvula **40** se acciona mediante conexión eléctrica **50** para forzar la salmuera diluida a través de la célula generadora de ácido **45**, que también es preferiblemente activada por la caja de control **5** a través de conexiones eléctricas **50**. El sistema preferiblemente hace funcionar la bomba de salmuera **20** para fluir a una velocidad (medida por medidores de flujo **35**) que ha sido optimizada para la creación óptima de ácido en células electrolíticas generadoras de ácido **45**. En esta realización, el ácido creado en la célula generadora de ácido **45** preferiblemente fluye a través de la célula electrolítica **55**, donde preferiblemente limpia los contaminantes, y luego fluye a través del detector de carbonato **60**. El sistema funciona preferiblemente en este modo de limpieza con ácido hasta que el detector de carbonato **60** envía una señal a la caja de control **5** indicando que el sistema está limpio y puede comenzar a funcionar nuevamente en el modo de producción estándar de oxidante mixto o hipoclorito de sodio. El ácido utilizado para limpiar la célula electrolítica **55** se vierte preferiblemente a un desagüe de residuos separado después de pasar por el detector de carbonato **60** en lugar de tirarlo al tanque de almacenamiento de oxidante. La célula electrolítica **55** opcionalmente se puede limpiar con una bocina ultrasónica y/o un aparato de limpieza mecánica de electrodo activado magnéticamente además de o en lugar de usar una célula generadora de
 60 ácido.

En una realización alternativa, el ácido concentrado se almacena en un depósito. Durante el ciclo de limpieza con ácido, la caja de control **5** preferiblemente activa una bomba o válvula para permitir el flujo del ácido a la célula electrolítica **55**. El depósito es preferiblemente lo suficientemente grande como para acomodar muchos ciclos de lavado con ácido diferentes. Parte de ese ácido puede diluirse potencialmente con agua entrante estándar para

limpiar la célula electrolítica **55**.

Si el detector de carbonato **60** (o cualquier otro componente de detección de contaminantes) no se utiliza, la célula electrolítica **55** preferiblemente se puede limpiar en un horario de limpieza predeterminado para asegurar que los contaminantes no arruinen la célula electrolítica **55**. Normalmente, este programa de limpieza se basaría en la cantidad de horas que la célula electrolítica había estado funcionando desde que se completó la última limpieza, y es preferiblemente lo suficientemente frecuente como para garantizar que no haya una acumulación excesiva de contaminantes en la célula electrolítica.

La tasa de consumo de salmuera puede usarse opcionalmente para determinar la presencia de contaminantes en la célula electrolítica **55**. En funcionamiento normal en una célula limpia, la tasa de consumo de salmuera es constante y medible. A medida que la escala de carbonato se acumula dentro de la célula electrolítica **55**, la capa de carbonato actúa como un aislante eléctrico entre el ánodo y el cátodo dentro de la célula electrolítica **55**. Para compensar este efecto aislante y mantener el amperaje dentro de la célula electrolítica **55**, la tasa de consumo de salmuera aumenta para aumentar la conductividad dentro de la célula electrolítica **55**. Esta mayor tasa de consumo de salmuera se compara con la tasa normal de consumo de salmuera. El flujo a través de la célula electrolítica **55** también se puede usar para medir la acumulación de contaminantes dentro de la célula electrolítica **55**. El flujo se puede medir indirectamente midiendo el aumento de temperatura a través de la célula electrolítica **55**, por ejemplo comparando la diferencia de temperatura entre dos termopares o el termopozo de entrada **65** y el termopozo de descarga celular **70**. Cuando se detecta la acumulación de carbonato por cualquiera de estos medios, la célula electrolítica **55** puede limpiarse mediante cualquiera de los métodos o componentes descritos anteriormente. El consumo de salmuera puede medirse usando el caudal de salmuera, tasas de tacómetro de la bomba de salmuera **20** o caudales de agua entrante.

Además de (o en lugar de) los métodos de limpieza descritos anteriormente, La célula electrolítica se limpia invirtiendo la polaridad de los electrodos en la célula electrolítica, mientras fluye electrolito a través de la célula electrolítica o no, y preferiblemente por una duración muy corta. Invertir la polaridad de los electrodos, preferiblemente a bajas densidades de corriente, baja el pH en el cátodo, lo que disuelve y elimina los contaminantes. Sin embargo, el ánodo dimensionalmente estable en la célula electrolítica productora de cloro (4 a 8 gm/l) descrita en el presente documento generalmente funciona bien a altas densidades de corriente (hasta 2 amperios por cuadrado de 2,54 cm (pulgada)), pero fallaría rápidamente si la polaridad se invirtiera a la misma densidad de corriente. Por lo tanto, es preferible utilizar una fuente de alimentación separada con una densidad de corriente más baja y/o tensiones de placa a placa más bajas para limpiar la célula en modo de polaridad inversa, que solo funciona cuando el modo operativo normal de producción de cloro está en espera, para que el revestimiento anódico primario permanezca intacto. Bajo estas condiciones, se pueden lograr ciclos de limpieza de menos de 30 minutos, preferiblemente oscilando entre aproximadamente 5 minutos y 10 minutos. La experiencia en la industria indica que los intervalos de limpieza de la célula de menos de una semana representarían una situación desfavorable en la que el agua de alimentación a la célula electrolítica o la sal utilizada para hacer la solución de salmuera, normalmente sería de mala calidad. Los intervalos entre la limpieza de más de una semana son claramente la norma de la industria. Bajo la peor condición de limpieza una vez por semana, la pérdida del coeficiente de utilización del sistema (modo de operación de producción) aún sería insignificante.

En cualquier realización que use polaridad inversa para limpiar la célula electrolítica, las superficies anódica y catódica de los electrodos primarios y bipolares están recubiertas preferiblemente con un revestimiento anódico dimensionalmente estable apropiado.

La FIG. 2 es un esquema de una realización de un sistema para implementar la limpieza de polaridad inversa. La célula electrolítica **130** comprende un ánodo **134** y cátodo **132** con electrolito que fluye en la parte inferior y oxidante que fluye en la parte superior de la célula. En funcionamiento normal, la célula electrolítica **130** tiene energía eléctrica aplicada al ánodo **134** y cátodo **132** a través de la fuente de alimentación principal **136**. Periódicamente, la célula electrolítica **130** se limpiará invirtiendo la polaridad en el ánodo **134** y cátodo **132**, convirtiendo efectivamente en ánodo **134** el cátodo y en cátodo **132** el ánodo. En el modo normal de producción donde el sistema produce un desinfectante con base de cloro, la densidad de corriente en el ánodo **134** está preferiblemente entre aproximadamente 1 y 2 amperios por cuadrado de 2,54 cm (pulgada). Para evitar daños al ánodo **134** durante la etapa de limpieza de polaridad inversa, la densidad de corriente está entre aproximadamente 10 % y 15 % del rango de densidad de corriente de funcionamiento normal. Debido a que la operación de limpieza de polaridad inversa opera en configuraciones de potencia mucho más bajas, la energía se suministra preferiblemente mediante una fuente de alimentación de limpieza **138**, que puede ser mucho más pequeña que la fuente de alimentación principal **136**. La energía de la fuente de alimentación principal **136** se transfiere a la célula electrolítica **130** preferiblemente a través de cables de alimentación principales **144**. La energía de la fuente de alimentación de limpieza **138** se transfiere a la célula electrolítica **130** preferiblemente a través de cables de alimentación de limpieza **146**. Las fuentes de alimentación están preferiblemente aisladas a través del relé de fuente de alimentación principal **140** y el relé de fuente de alimentación de limpieza **142**. En funcionamiento normal cuando se produce cloro dentro de la célula electrolítica **130**, la fuente de alimentación principal **136** está activada y el relé de la fuente de alimentación principal **140** está cerrado. Para evitar el reflujo de corriente a la fuente de alimentación de limpieza **138** con la polaridad incorrecta, el relé de fuente de alimentación de limpieza **142** está abierto. Igualmente, cuando la célula

electrolítica **130** está funcionando en modo de limpieza, la fuente de alimentación de limpieza **138** está activada, la fuente de alimentación principal **136** está desactivada, el relé de fuente de alimentación principal **140** está abierto y el relé de fuente de alimentación de limpieza **142** está cerrado. Al utilizar menos densidad de corriente y/o potenciales más bajos en el ánodo **134** durante el corto ciclo de limpieza, el daño al ánodo **134** o cátodo **132** debido al ciclo de limpieza es insignificante.

Una realización alternativa a la que se muestra en la FIG. 2 utiliza la fuente de alimentación principal **136** para proporcionar energía para el funcionamiento normal, así como los ciclos de limpieza. Este enfoque emplea preferiblemente el uso de relés de fuente de alimentación **142** u otros dispositivos de conmutación para invertir la polaridad. Normalmente, este enfoque requiere que las concentraciones de salmuera de la célula electrolítica durante el ciclo de limpieza sean mucho menores que en la operación normal. Con este enfoque, sin embargo, todavía es preferible que el ciclo de limpieza se realice a densidades de corriente más bajas y/o potenciales más bajos durante cortos períodos de tiempo.

La FIG. 3 es una realización de un generador in situ de la presente divulgación. La salmuera del tanque de almacenamiento **325** preferiblemente pasa a través del filtro de salmuera **330**, el solenoide de encendido-apagado **335**, la bomba de salmuera de velocidad variable **340** y la válvula de retención **345** antes de que se mezcle con agua. El filtro de salmuera **330** se encuentra preferiblemente fuera del recinto del generador para facilitar el acceso para reemplazar el filtro. El solenoide **335** se utiliza para detener el flujo de salmuera durante la limpieza, como se describe a continuación, y también evita que la salmuera por sobrepresión se filtre en la célula electrolítica **355**. La válvula de retención **345** evita que el agua ablandada fluya de vuelta hacia la línea de salmuera. El flujo **300** de agua (preferiblemente agua ablandada) preferiblemente pasa a través del sensor de flujo **305**, como un rotámetro, transductor de presión pasado **310**, a través de la válvula de control de flujo **315**, y más antes de que se mezcle con salmuera. La válvula de reducción de presión **320** preferiblemente reduce la presión del agua entrante, que puede ser tan alta como 414 kPa (60 psi), a la presión a la que la célula electrolítica **355** opera, que es preferiblemente aproximadamente 34-41 kPa (5-6 psi). La válvula de reducción de presión **320** también evita que la célula electrolítica sea sometida a altas presiones, lo que puede causar que se rompa un disco de ruptura u otro dispositivo similar. La solución de agua/salmuera (electrolito) preferiblemente pasa a través del termopozo de entrada **350** antes de que entre en la célula electrolítica **355**. Después de la electrólisis, los oxidantes mezclados salen preferiblemente de la célula a través del termopozo de salida **360** antes de almacenarse en el tanque de almacenamiento de oxidante **370**. En esta realización, el flujo de agua y los caudales de salmuera son controlables preferiblemente por separado y/o automáticamente. Al monitorear por separado y preferiblemente controlar automáticamente el flujo de agua, se puede proporcionar un caudal constante a la célula electrolítica, incluso si la presión del agua entrante o el caudal fluctúan. En caso de grandes fluctuaciones, este control permite un apagado suave del sistema hasta que la presión del agua de entrada vuelva a estar dentro de los límites especificados. Esto permite un control mucho mayor del proceso electrolítico. Unos procesadores duales, uno para el control de flujo y el otro para controlar la fuente de alimentación de la célula, pueden emplearse.

Como se describió anteriormente, la limpieza de polaridad inversa se lleva a cabo a una densidad de corriente menor que la utilizada para el funcionamiento normal de la célula. Normalmente, esta densidad de corriente se puede lograr mediante uno o más de los siguientes: bajar la tensión, disminuir la salinidad del electrolito (por ejemplo, la concentración de salmuera) y/o disminuir la temperatura de funcionamiento (ya que la resistividad del agua aumenta a medida que disminuye la temperatura). Una realización de la presente invención realiza una limpieza de polaridad inversa de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- 1) Apagar el flujo de salmuera.
- 2) Enjuagar la célula electrolítica preferiblemente con agua blanda, preferiblemente durante aproximadamente uno a tres minutos, reduciendo así la salinidad y la temperatura en la célula. La corriente normalmente alcanza un número mayor que la densidad de corriente de limpieza deseada (la densidad de corriente de limpieza deseada puede ser, por ejemplo, 10 A, si la densidad de corriente de funcionamiento normal es 75 A, o aproximadamente 10 % -15 % de la densidad de corriente de funcionamiento normal);
- 3) Continuar haciendo fluir agua a través de la célula hasta que la salinidad y la temperatura de la célula sean lo suficientemente bajas (es decir, la resistividad de la solución en la célula sea lo suficientemente alta) para que la corriente caiga por debajo de la densidad de corriente de limpieza deseada.
- 4) Cerrar el flujo de agua; la célula ahora está preferiblemente sustancialmente llena de agua.
- 5) Invertir la polaridad de la célula de energía, manteniendo la tensión constante. Como la célula está funcionando, la temperatura de la célula generalmente aumenta, aumentando así la corriente debido a la resistividad disminuida del agua más caliente.
- 6) Cuando la corriente alcanza aproximadamente la densidad de corriente de limpieza deseada, encender el flujo de agua nuevamente.
- 7) Repetir las etapas 3-6 aproximadamente cada 30 segundos o menos durante la duración de limpieza deseada, por ejemplo aproximadamente 3-5 minutos;
- 8) Eliminar los residuos de la célula durante aproximadamente 30 segundos, y luego proceder al inicio operativo normal.

Además de mantener la densidad de corriente de limpieza deseada aproximadamente en o por debajo de un valor deseado, esta aceleración del flujo de agua también tiene el efecto físico de desalojar contaminantes como escamas de la célula. Este procedimiento se habilita mediante el uso de una válvula automática de control de flujo de agua, como una válvula solenoide controlada, válvula PWM o válvula de 0-5 V, que está controlada por la densidad de corriente medida. El flujo de agua puede ser controlado por un controlador PID (proporcional-integral-derivado), que utiliza preferentemente caudal, presión y/o temperatura como entradas de control.

Si la corriente en el encendido en la etapa (2) no aumenta por encima de la densidad de corriente de limpieza deseada, o si la corriente no alcanza ese nivel en la etapa (6), entonces se puede inyectar opcionalmente salmuera en la célula durante el procedimiento de limpieza para aumentar la densidad de corriente al nivel deseado. Entonces el procedimiento puede continuar como se describió anteriormente.

El sistema funciona preferiblemente normalmente cuando el nivel del tanque de almacenamiento de oxidante, que contiene la salida de la célula electrolítica, está entre un nivel bajo preestablecido y un nivel alto preestablecido. En otras palabras, el sistema preferiblemente se enciende automáticamente cuando el tanque está bajo y se apaga cuando el tanque está lleno. El procedimiento de limpieza se inicia preferiblemente cuando el sistema indica que se requiere limpieza (por ejemplo, después de un período de tiempo preestablecido o tiempo de operación, por ejemplo, 720 horas, o la cantidad de flujo preestablecida, o cuando la contaminación se mide y alcanza un nivel máximo deseado) Y cuando el tanque de oxidante se ha vaciado lo suficiente como para estar en el nivel bajo preestablecido. Esto asegura que la operación normal se reanuda inmediatamente después de la etapa de limpieza, eliminando así cualquier contaminante o residuo de la célula (y dentro del tanque de oxidante, que se limpia fácilmente) antes de que tengan la oportunidad de establecerse. Asimismo, la operación de limpieza preferiblemente no diluye apreciablemente la solución oxidante almacenada en el tanque de almacenamiento de oxidante.

Durante el procedimiento de limpieza de polaridad inversa anterior, la célula se somete a una cierta cantidad de amperios por segundo. Por ejemplo, un período de limpieza de tres minutos ejecutado a 10 A daría como resultado un total de 1800 A-seg. El tiempo y la corriente pueden elegirse alternativamente para que tengan valores diferentes que den aproximadamente el mismo (o similar) valor A-seg. Por ejemplo, se puede ejecutar un período de limpieza de 30 segundos a 60 A, dando así el mismo total de 1800 A-seg. Esto puede resultar en la misma eficacia de limpieza, pero permite períodos de tiempo de limpieza más cortos, potencialmente permitiendo que la limpieza se realice con mayor frecuencia. Sin embargo, se debe tener cuidado para que la mayor densidad de corriente de limpieza de polaridad inversa no dañe el ánodo. (Dicha densidad de corriente más alta todavía es preferiblemente menor o igual que la densidad de corriente operativa normal.) Un ciclo de limpieza típico se puede ejecutar con tan poca frecuencia como cinco minutos una vez al mes.

La FIG. 4 es una vista de una realización de una célula bipolar de la presente divulgación. La célula es preferiblemente una célula de flujo horizontal. La célula mostrada comprende una pluralidad de módulos **500**, cada uno preferiblemente separado por un electrodo primario y sellado por una junta tórica o sello similar. Cada módulo comprende preferiblemente uno o más electrodos intermedios (no mostrados). Tal y como puede verse, el flujo de electrolito a cada módulo (a través del colector de entrada **510**) y oxidante fuera de cada módulo (a través del colector de salida **520**), ocurre en paralelo. El colector de entrada **510** preferiblemente proporciona un flujo igual a todos los módulos en paralelo. No solo el flujo a través de la célula es preferiblemente paralelo a cada uno de los electrodos, sino también las células están dispuestas preferiblemente en paralelo entre sí con respecto al flujo. Otras células conocidas en la técnica están configuradas en serie, para que el electrolito/oxidante que fluye en un módulo provenga de la salida del módulo anterior. La configuración de esta realización permite una huella definida única para el producto, independientemente del número de módulos utilizados. Por el contrario, los sistemas de la serie requieren huellas muy diferentes dependiendo del número de módulos utilizados. Además, debido a que la calidad del electrolito varía mucho de un módulo a otro en los sistemas en serie, ciertos módulos que se desgastan más rápido deben reemplazarse con frecuencia, o los módulos deben rotarse. Por el contrario, con un sistema paralelo, el electrolito que ingresa a cada módulo es exactamente el mismo para cada módulo. Por lo tanto, los módulos se desgastan de manera uniforme. (Normalmente, la célula completa se reemplaza cuando los módulos finalmente se desgastan.)

La FIG. 5A es una vista frontal de corte del extremo de entrada de uno de los módulos de la célula de la FIG. 4. El módulo comprende preferiblemente uno o más electrodos intermedios **530** preferiblemente paralelos. En esta figura, la dirección del flujo del electrolito que ingresa al módulo está en la página. El módulo comprende preferiblemente un difusor de flujo **550** que bloquea el electrolito para que no fluya directamente a la célula, forzándolo hacia abajo, por ejemplo, al área de distribución **570** y alrededor del difusor de flujo **550**, distribuyendo así el electrolito que ingresa al módulo desde la entrada **540** sustancialmente uniformemente entre todos los electrodos intermedios. El difusor de flujo **550** puede ser rígido o flexible, y puede comprender un material químicamente resistente como el cloruro de polivinilo clorado (CPVC) o Viton®.

La FIG. 5B es una vista en perspectiva del extremo de salida de uno de los módulos de la célula de la FIG. 4. Cada electrodo intermedio **530** se configura preferiblemente mediante una extensión **535** para formar una brecha **600**. Aunque la brecha **600** se muestra en la parte inferior del electrodo intermedio **530**, alternativamente, puede ubicarse

- en cualquier lugar a lo largo del borde del electrodo intermedio **530**. Opcionalmente, se puede usar más de una brecha. La brecha **600** preferiblemente facilita la mezcla de los flujos que salen de los electrodos intermedios, ayudando así a garantizar que haya flujos equivalentes entre todos los electrodos intermedios y, por lo tanto, mejorando la eficiencia de la célula. Como alternativa, el electrodo puede ser rectangular y un protector de borde puede comprender la extensión **535**, configurada para formar la brecha **600**. El protector de borde sirve para mantener los electrodos intermedios en la célula y preferiblemente comprende cloruro de polivinilo clorado (CPVC) y preferiblemente comprende una pluralidad de ranuras, cada una para recibir un electrodo intermedio. El protector de borde y/u otro protector de borde a lo largo de un lado diferente de los electrodos puede comprender opcionalmente una junta de Viton® compresible, que tiene importantes ventajas de costos. El uso de dicha junta en un borde permite la reducción de costos sin sacrificar significativamente la rigidez. Cualquiera de los protectores de borde es reemplazable preferiblemente por un protector de borde que tenga un ancho diferente. Esto permite utilizar el mismo recinto de célula para electrodos intermedios de diferentes tamaños, que puede usarse en sistemas con diferentes químicas y/o revestimientos de electrodos.
- 15 La FIG. 6 es una sección transversal de una realización alternativa de una célula electrolítica de acuerdo con la presente divulgación que comprende electrodos primarios **610**, **620**, electrodos intermedios **630** y protectores de borde **640**, **650**. Cada electrodo intermedio comprende preferiblemente uno o más agujeros o aberturas **660**. Estas aberturas preferiblemente ayudan a equilibrar el flujo de electrolitos a través de la célula electrolítica, resultando en una mejor eficiencia celular. Las aberturas en cada electrodo intermedio están preferiblemente escalonadas o desplazadas de las aberturas en los electrodos intermedios adyacentes, proporcionando así una ruta tortuosa para los electrones, de modo que la gran mayoría de los electrones se ven obligados a viajar a través de los revestimientos de electrodos catalíticos.

Programación de ahorro de energía

- 25 Durante el funcionamiento normal, si el tanque de almacenamiento de oxidante está en un nivel bajo predeterminado, el sistema preferiblemente se enciende y produce más oxidante, y se detiene cuando el nivel alcanza un nivel alto predeterminado. El sistema normalmente no se enciende si el nivel de oxidante en el tanque de oxidante está entre los niveles alto y bajo. Sin embargo, para ahorrar costos de electricidad, antes de que el nivel de oxidante caiga al nivel bajo (es decir, cuando el nivel de oxidante en el tanque de oxidante está entre los niveles alto y bajo), las realizaciones del presente sistema pueden encenderse durante los momentos en que los costos de electricidad son menos costosos para "llenar" el tanque, evitando así la operación posterior cuando la electricidad es más cara y el nivel de oxidante cae al nivel bajo.
- 35 Aunque la invención se ha descrito en detalle con referencia particular a las realizaciones descritas, otras realizaciones pueden lograr los mismos resultados. Las variaciones y modificaciones de la presente invención serán obvias para los expertos en la materia. La invención está definida en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para limpiar una célula electrolítica utilizada para la electrólisis de salmuera para producir un oxidante, comprendiendo el método las etapas de:

- 5 (i) detener el flujo de salmuera en la célula;
- (ii) hacer fluir agua hacia la célula y reducir la salinidad del electrolito, que comprende el agua y la salmuera contenida dentro de la célula electrolítica, hasta que una densidad de corriente de la célula electrolítica caiga a o por debajo de una densidad de corriente de limpieza predeterminada;
- 10 (iii) cesar el flujo de agua hacia la célula electrolítica;
- (iv) invertir la polaridad del electrodo y mantener una tensión de electrodo constante;
- (v) operar la célula electrolítica hasta que la densidad de corriente aumente o sea superior a la densidad de corriente de limpieza predeterminada;
- 15 (vi) iniciar el flujo de agua en la célula electrolítica hasta que la densidad de corriente disminuya a o por debajo de la densidad de corriente de limpieza predeterminada; y

en donde la densidad de corriente de limpieza predeterminada es aproximadamente el 10-15 % de la densidad de corriente de funcionamiento normal de la célula;

20 en donde las etapas (iii) a (vi) se repiten durante la duración de limpieza deseada, por ejemplo aproximadamente de tres a cinco minutos; y
 en donde las etapas (iii) a (vi) se realizan aproximadamente cada treinta segundos.

2. El método de la reivindicación 1, en donde repetir las etapas de cese, operación e inicio desplaza físicamente los contaminantes de la célula.

25 3. El método de la reivindicación 1 realizado aproximadamente una vez al mes.

4. El método de la reivindicación 1, en donde la salinidad del electrolito aumenta durante la etapa (v) si la densidad de corriente no alcanza la densidad de corriente de limpieza predeterminada.

30 5. El método de la reivindicación 1, en donde la densidad de corriente de limpieza predeterminada y el tiempo de limpieza total se eligen para exponer la célula electrolítica a una cantidad predeterminada de amperios por segundo.

35 6. El método de la reivindicación 5, en donde la cantidad predeterminada de amperios por segundo es aproximadamente 1800.

40 7. El método de la reivindicación 1 realizado cuando una cantidad de oxidante en un tanque de oxidante que contiene la salida de la célula electrolítica es igual o inferior a una cantidad de umbral baja predeterminada y después de que ocurra un evento predeterminado seleccionado del grupo que consiste en un período de tiempo transcurrido, exceder un tiempo de funcionamiento de la célula, exceder una cantidad de flujo de electrolitos a través de la célula y alcanzar un nivel de contaminación.

45 8. El método de la reivindicación 7 que comprende además iniciar el funcionamiento normal de la célula electrolítica en esencia inmediatamente después de que se complete la limpieza.

9. El método de la reivindicación 8 que comprende además eliminar residuos, tales como residuos que comprenden escamas, de la célula electrolítica una vez que se completa la limpieza.

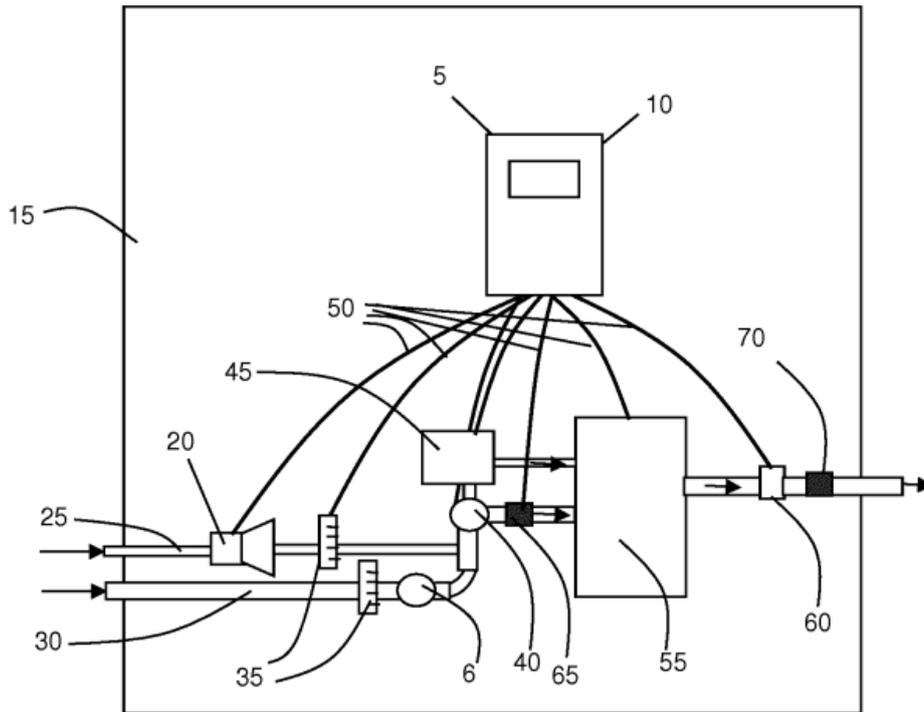


FIG. 1

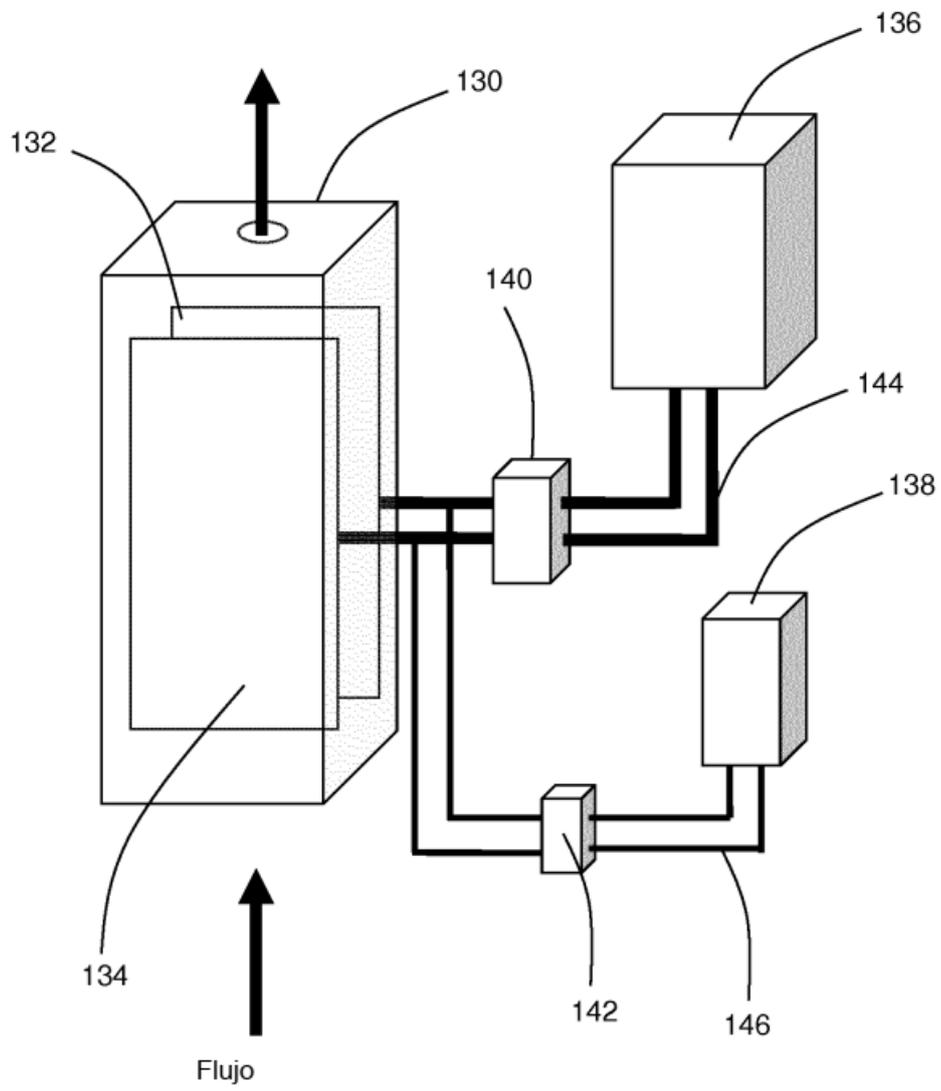


FIG. 2

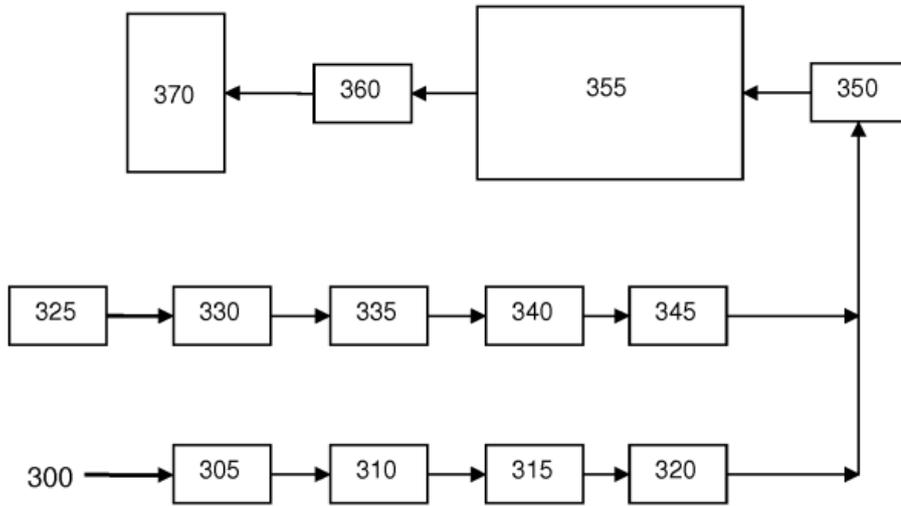


FIG. 3

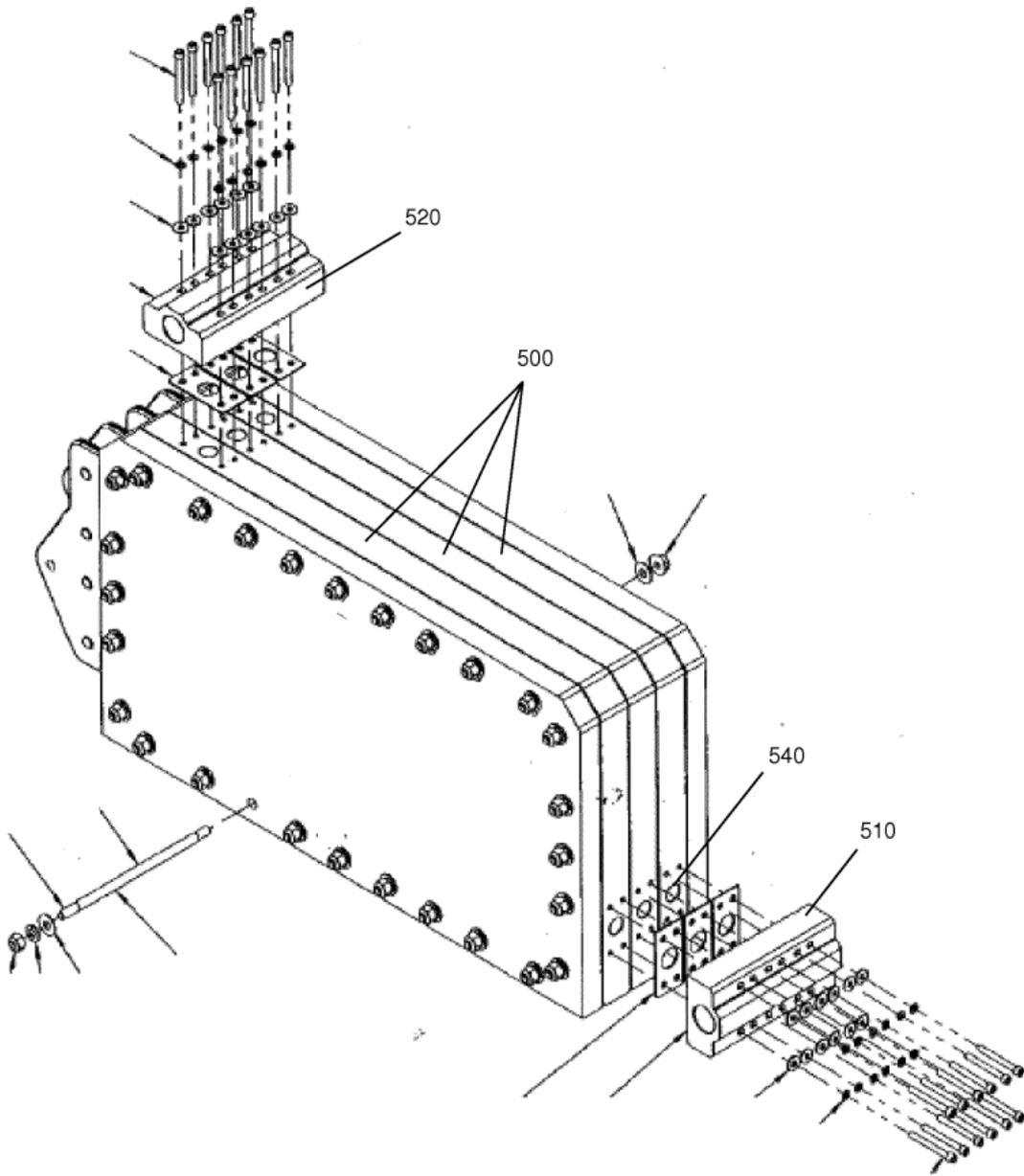


FIG. 4

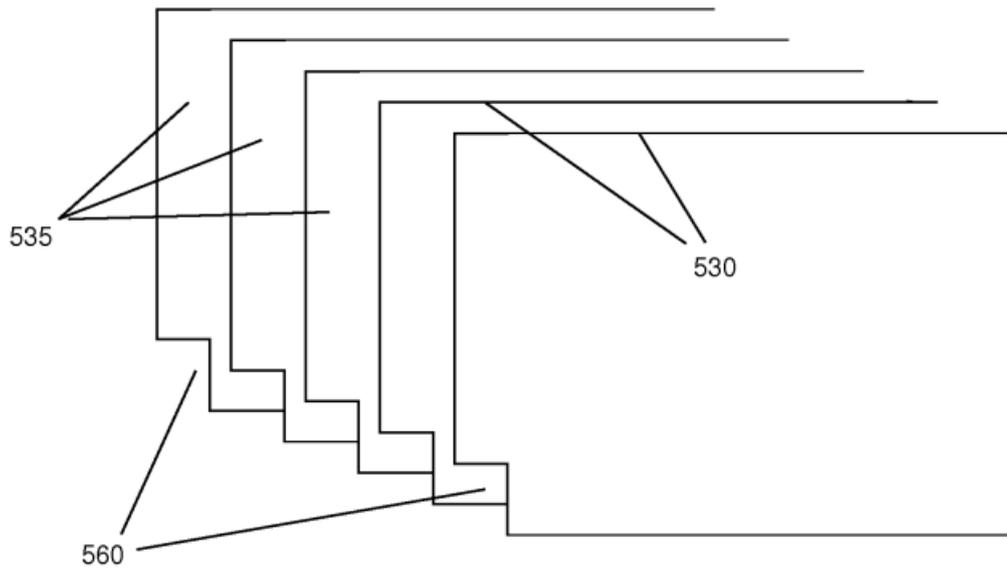
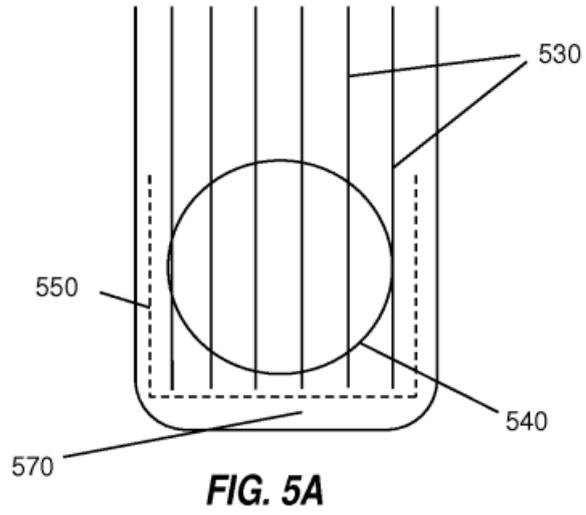


FIG. 5B

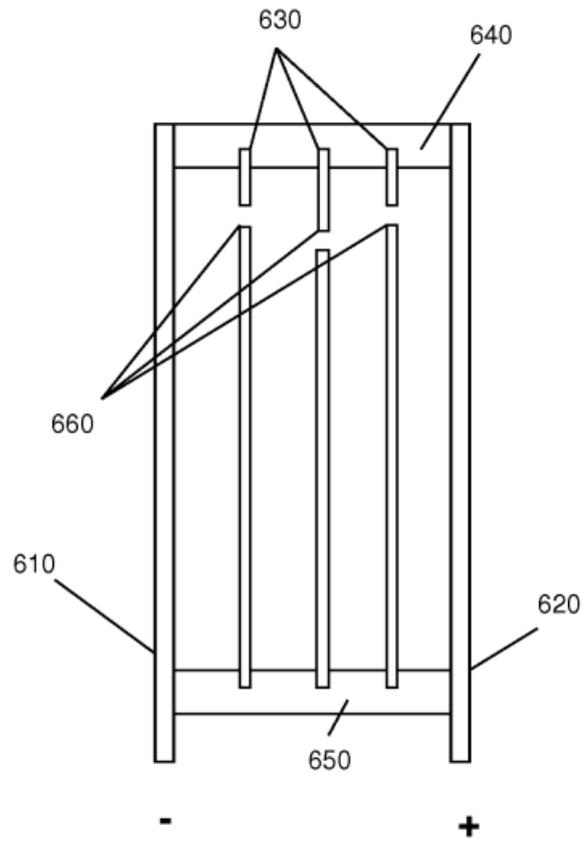


FIG. 6