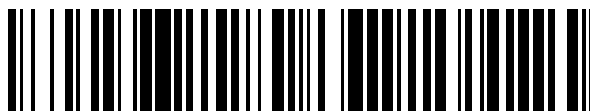


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 747 638**

51 Int. Cl.:

C02F 1/463 (2006.01)

C02F 1/461 (2006.01)

C02F 103/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.09.2015 PCT/US2015/053162**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.04.2016 WO16057286**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2015 E 15849564 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019 EP 3204335**

54 Título: **Reactor de electrocoagulación**

30 Prioridad:

09.10.2014 US 201462061982 P

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

11.03.2020

73 Titular/es:

**DE NORA WATER TECHNOLOGIES, LLC (100.0%)
1110 Industrial Blvd.
Sugar Land, Texas 77478, US**

72 Inventor/es:

**CASBEER, DANA;
KNIGHT, LARRY;
MATOUSEK, RUDOLF y
BARIYA, RUBIN**

74 Agente/Representante:

ILLESCAS TABOADA, Manuel

ES 2 747 638 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

Reactor de electrocoagulación

5 Antecedentes de la invención

La presente divulgación se refiere en general al tratamiento de agua, y, más en particular, a un aparato de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales industriales y marinas en alta mar.

10 La electrocoagulación puede usarse en el tratamiento de aguas residuales. La electrocoagulación implica el uso de corriente eléctrica para eliminar contaminantes de las aguas residuales. El término "aguas residuales", tal como se usa en el presente documento, incluye cualquier corriente de agua de la que se desee eliminar un contaminante aunque el contaminante no sea necesariamente perjudicial para la salud. El contaminante puede incluir metales pesados, bacterias, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), total de sólidos disueltos (TSD), total de sólidos en suspensión (TSS), virus, pesticidas, arsénico, MTBE y cianuro. Los contaminantes pueden suspenderse en el agua mediante cargas eléctricas. Dado que la electrocoagulación no implica el uso de aditivos químicos o biológicos, es un procedimiento de tratamiento seguro para el medioambiente.

20 El documento FR2707282 A1 da a conocer por ejemplo un reactor de electrocoagulación con un apilamiento de electrodos bipolar situado en una célula tubular para tratar aguas residuales.

El documento US4917782 A da a conocer un procedimiento y un aparato para aclarar electrolíticamente líquido, con un apilamiento de electrodos monopolar situado en una célula tubular.

25 Breve descripción de los dibujos

Los diversos aspectos, características y ventajas de determinadas realizaciones de ejemplo de la presente invención serán más evidentes a partir de la siguiente descripción tomada conjuntamente con los dibujos adjuntos, en los que:

30 Las figuras 1A y 1B representan dos vistas de un aparato de reactor de electrocoagulación según una realización de la invención.

La figura 2 es una vista esquemática de los componentes de un aparato de reactor de electrocoagulación según una realización de la invención.

35 La figura 3 es una vista en perspectiva de un bastidor de empaquetamiento de electrodos según una realización de la invención.

40 La figura 4 es una vista en sección transversal de las bridas de extremo y los electrodos según una realización de la invención.

La figura 5 y la figura 6 son vistas en perspectiva de un aparato de reactor de electrocoagulación que comprende un bastidor de empaquetamiento de electrodos que tiene una pluralidad de placas de electrodo según una realización de la invención.

45 La figura 7 es una vista en perspectiva de un aparato de reactor de electrocoagulación que comprende un bastidor de empaquetamiento de electrodos según una realización de la invención.

Descripción detallada

50 El tratamiento de aguas residuales implica el paso de una corriente de aguas residuales contaminada a través de un dispositivo de electrocoagulación (EC). Los dispositivos de EC convencionales incluyen una célula electrolítica con uno o más pares de placas de metal conductoras dispuestas en una configuración apilada vertical. Cada par de este tipo incluye una placa que actúa como un cátodo y otra placa que actúa como un ánodo. Los electrodos se sumergen en el agua que va a tratarse. El ánodo puede obtenerse como hierro, acero, acero inoxidable, aluminio, titanio, aleación de titanio u otro sustrato de metal de válvula.

60 Cuando se aplica corriente eléctrica a la célula electrolítica, el material de ánodo empezará a disolverse/erosionarse electroquímicamente debido a la oxidación en la superficie de ánodo, mientras que la superficie de cátodo se someterá a pasivación y no se disolverá. El ánodo que se disuelve se denomina el "electrodo de sacrificio". El electrodo de sacrificio libera continuamente iones (de hierro) en el agua. Los iones liberados desestabilizan las cargas de los contaminantes suspendidos en la corriente de aguas residuales. Esto inicia un proceso de coagulación produciendo agregados o partículas floculantes que son sitios de nucleación para los contaminantes que entonces se separan de la solución. Estas partículas floculantes o flóculos se gestionan o bien mediante flotación o bien mediante sedimentación por gravedad en una cámara o en un baño de un electrolito.

Los dispositivos de EC convencionales incluyen un tanque que tiene varias placas de electrodo metálicas o electrodos dispuestos en una configuración apilada vertical en los que los electrodos pueden estar dispuestos paralelos entre sí. Es importante sustituir periódicamente los electrodos. Por ejemplo, en el caso de electrodos compuestos por un sustrato no catalítico conductor proporcionado con un recubrimiento electrocatalítico, el recubrimiento puede someterse a desactivación con el tiempo, debido al consumo, separación del sustrato, pasivación del propio sustrato en la zona que está en contacto con el recubrimiento electrocatalítico o por otros motivos. Los dispositivos de EC convencionales son bastante grandes y se basan en técnicas de flotación de aire disuelto que requieren de un gran mantenimiento. También requieren logística de descarga/manipulación de sólidos que los operarios habituales de plataformas de gas y petróleo en alta mar no están dispuestos a gestionar. Como consecuencia, la tecnología de EC no se ha adoptado ampliamente en plataformas de gas y petróleo en alta mar para el tratamiento de aguas residuales.

Por tanto, existe la necesidad de un aparato de EC que sea duradero y requiera un mantenimiento mínimo a lo largo de su vida útil. Debería poder implementarse en un área superficial de suelo relativamente pequeña de modo que pueda usarse a bordo de pequeñas embarcaciones marinas. Debería fabricarse fácil y eficientemente a partir de componentes fácilmente disponibles. Debería ser rentable y seguro para que un operario en alta mar realice el mantenimiento de rutina.

Algunos aspectos de la presente invención abordan al menos los problemas y/o las desventajas anteriormente mencionados y proporcionan al menos las ventajas descritas a continuación. Por tanto, un aspecto de la presente invención proporciona un método y un aparato de reactor de electrocoagulación (REC) para el tratamiento de una corriente de fluido tal como se define por las reivindicaciones.

Según una realización, se proporciona un aparato de REC para el tratamiento de una corriente de fluido. La corriente de fluido puede incluir una corriente de aguas residuales o cualquier otra corriente de líquido, tal como una corriente de líquido de metales pesados. El aparato de REC incluye: (A) una célula cilíndrica; y (B) un bastidor de empaquetamiento de electrodos. La célula comprende una cámara o un cuerpo cilíndrico o con forma de tambor para alojar el bastidor de empaquetamiento de electrodos. El bastidor de empaquetamiento de electrodos puede incluir: (i) un par de piezas de inserción opuestas, en el que cada una de las piezas de inserción comprende una pluralidad de orificios de pieza de inserción; y (ii) un apilamiento de electrodos que comprende una pluralidad de placas de electrodo. Cada una de las placas de electrodo está apilada horizontalmente dentro de un par de orificios de pieza de inserción opuestos formados en el par de piezas de inserción opuestas. El bastidor de empaquetamiento de electrodos está insertado en el cuerpo de la célula.

La pared lateral exterior de cada una de las piezas de inserción es curvada. Los orificios de pieza de inserción pueden definirse o formarse en una pared lateral interior de cada una de las piezas de inserción. Cada placa de electrodo o electrodo puede estar colocada a una distancia predeterminada de un electrodo adyacente. Además, cada electrodo puede estar equidistante a un electrodo adyacente. Cada una de las piezas de inserción puede tener forma sustancialmente de media luna o luniforme. Cada una de las piezas de inserción está configurada para ser no conductora, poder retirarse y poder reemplazarse. Cada una de las piezas de inserción está configurada para desviar las aguas residuales sólo a zonas activas de la pluralidad de placas de electrodo.

La pared lateral exterior de las piezas de inserción comprende una o más aberturas u orificios de pieza de inserción. La célula comprende paredes laterales cilíndricas, en la que las paredes laterales cilíndricas de la célula comprenden además uno o más orificios. Cada orificio en la pared lateral exterior de las piezas de inserción está alineado con un orificio correspondiente en las paredes laterales cilíndricas de la célula para formar un agujero pasante cuando el bastidor de empaquetamiento de electrodos se inserta en la célula. El aparato de REC puede incluir un dispositivo de bloqueo. El dispositivo de bloqueo puede roscarse en el agujero pasante para acoplar firmemente el bastidor de empaquetamiento de electrodos al cuerpo de la célula.

Las placas de electrodo comprenden un par de electrodos terminales superior e inferior. Una pluralidad de placas de electrodo bipolares están apiladas entre medias de los electrodos terminales. Cada placa de electrodo está apilada en alineación horizontal con una placa de electrodo adyacente. Una barra conductora puede fijarse a al menos uno o ambos electrodos terminales.

El aparato de REC comprende además una primera y una segunda brida. Cada una de las bridas está configurada para sellar un primer y un segundo extremo de la célula cilíndrica. Cada una de las bridas de extremo primera y segunda comprende además una pluralidad de desviadores de flujo integrados. Los desviadores de flujo están configurados para facilitar un flujo serpenteante de las aguas residuales dentro de la célula.

Según otra realización, se da a conocer un método para tratar una corriente de fluido. El método implica: combinar una corriente de agua de mar salina a presión con la corriente de fluido para formar una corriente de proceso; hacer pasar la corriente de proceso a través del aparato de REC descrito en el presente documento para facilitar la formación de un precipitado floculado sometiendo la corriente de proceso a electrólisis usando los electrodos, en el que el precipitado floculado comprende contaminantes sólidos en suspensión. En otro aspecto, el método implica hacer pasar una corriente de desecho fluida a través del aparato de REC sin combinarla con una corriente de agua

de mar salina a presión.

El método implica además sedimentar el precipitado floculado y descargar un sobrenadante sustancialmente libre de contaminantes de un tanque de sedimentación acoplado operativamente al aparato de REC.

5 El método implica además colocar cada par de aberturas de pieza de inserción opuestas a una distancia predeterminada e igual de un par adyacente de orificios de pieza de inserción opuestos para facilitar un flujo uniforme e igual de la corriente de proceso entre cada una de las placas de electrodo. Un flujo serpenteante de la corriente de proceso se facilita en el aparato de REC.

10 El método implica además limpiar las placas de electrodo *in situ* en condiciones de alta presión.

15 Las figuras 1A y 1B son dos vistas de un aparato de REC según una realización de ejemplo. El aparato de REC 100 puede incluir una célula 110 cilíndrica o tubular. La célula 110 puede sellarse convenientemente con un par de bridas primera y segunda que pueden retirarse o cubiertas de acceso terminales 106 y 108. La célula 110 está configurada para ser de forma cilíndrica para soportar presiones de fluido/hidrostáticas mayores en contraposición a los dispositivos de EC convencionales que tienen un cuerpo plano que puede ser susceptible de arqueamiento a presiones similares. De manera conveniente, la célula 110 puede fabricarse a partir de cualquier estructura cilíndrica o con forma de tubo. Por ejemplo, la célula 110 puede fabricarse a partir de cualquier componente disponible normalmente o habitual en la industria, tal como una tubería. La célula 110 incluye una entrada 102 de fluido y una salida 104 de fluido.

20 La célula 110 puede estar compuesta por cualquier material no conductor y no corrosivo adecuado. La célula 110 puede fabricarse a partir de, por ejemplo, PVC, otros plásticos o un metal recubierto. La célula 110 puede tener cualquier tamaño/longitud/diámetro adecuado.

25 La figura 2 ilustra componentes 200 de ejemplo del aparato de REC. Los componentes 200 pueden incluir la célula 110 tubular/cilíndrica tal como se describió anteriormente. La célula 110 incluye una entrada 102 de fluido ubicada en un cuadrante inferior tangencial a la célula 110 y una salida 104 de fluido ubicada en un cuadrante superior tangencial a la célula 110. La célula 110 incluye además un bastidor 202 de empaquetamiento de electrodos para alojar una pluralidad de electrodos.

30 Haciendo referencia a las figuras 2 y 3, el bastidor 202 de empaquetamiento de electrodos puede incluir un par de piezas de inserción 302A y 302B no conductoras. Las piezas de inserción 302A, 302B puede fabricarse a partir de poli(cloruro de vinilo) (PVC), poli(cloruro de vinilo) clorado (CPVC), acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) u otro material no conductor adecuado.

35 La pared lateral interior de pieza de inserción 302A está dispuesta de modo que está orientada hacia la pared lateral interior de pieza de inserción 302B. La pieza de inserción 302A puede estar separada de la pieza de inserción 302B una distancia predeterminada. Las paredes laterales interiores de cada pieza de inserción 302A, 302B pueden incluir una pluralidad de ranuras u orificios (no mostrados). Las piezas de inserción 302A, 302B están dispuestas de modo que los orificios de pieza de inserción en la pieza de inserción 302A están sustancialmente alineados con los orificios de pieza de inserción en la pieza de inserción 302B formando de este modo un par correspondiente de orificios de pieza de inserción. Cada par de orificios de pieza de inserción está espaciado una distancia predeterminada de un par de orificios de pieza de inserción adyacente. Los orificios de pieza de inserción pueden estar dimensionados para recibir firmemente las placas de electrodo 204A, 204B (denominadas en su conjunto "electrodos"). La distancia predeterminada puede ser sustancialmente igual a la anchura de uno o más electrodos. Las piezas de inserción 302A, 302B están configuradas para desviar flujo de fluido sólo a zonas activas de los electrodos y pueden minimizar zonas no conductoras o muertas de los electrodos. Dado que las piezas de inserción 302A, 302B pueden desgastarse con el uso y a lo largo del tiempo, están diseñadas para retirarse y reemplazarse fácil y convenientemente por un operario. Esto también puede aumentar la vida útil de funcionamiento del aparato de REC.

40 Las paredes laterales exteriores de las piezas de inserción 302A, 302B pueden tener una geometría que corresponde al diámetro interior de la célula 110. Por ejemplo, las paredes laterales exteriores pueden ser curvadas. Las paredes laterales interiores de las piezas de inserción 302A, 302B pueden ser sustancialmente planas de modo que las piezas de inserción 302A, 302B son de forma sustancialmente luniforme. Tal como se muestra en la figura 7, las piezas de inserción 302A, 302B pueden incluir una pluralidad de ranuras u orificios 203 para alojar los electrodos.

45 Las piezas de inserción 302A, 302B pueden estar soldadas a la célula 110. Las piezas de inserción 302A, 302B pueden estar dimensionadas de modo que pueden insertarse en la célula 110 mediante la aplicación de una fuerza adecuada. Las piezas de inserción 302A, 302B pueden incluir una o más aberturas 208 de pieza de inserción para alojar un mecanismo de bloqueo o fijación adecuado. La célula 110 también puede incluir un par de orificios 222 de célula en paredes laterales opuestas. Las piezas de inserción 302A, 302B están colocadas en la célula 110 de modo que las aberturas 208 de inserción están alineadas con los orificios 222 de célula en cada pared lateral de célula para formar un agujero pasante para alojar dispositivos de fijación o bloqueo 216, 218 de pieza de inserción. Los dispositivos de bloqueo 216, 218 de pieza de inserción pueden incluir cualquier dispositivo adecuado. En una

realización, el mecanismo de bloqueo puede incluir un conjunto de perno de cabeza hexagonal/arandela/junta tórica. Esta disposición facilita el reemplazo periódico de las piezas de inserción 302A, 302B cuando envejecen con el paso del tiempo.

5 Tal como se muestra en las figuras 5 y 6, el bastidor 202 de empaquetamiento de electrodos puede insertarse en el interior de la célula 110. El bastidor 202 de empaquetamiento de electrodos incluye un apilamiento de electrodos que tiene una pluralidad de placas metálicas bipolares 204B planas y un par de electrodos terminales 204A. Las placas metálicas bipolares 204B actúan como electrodos consumibles. Las placas de electrodo 204A, 204B pueden estar dispuestas paralelas entre sí. Asimismo, los electrodos 204A, 204B pueden estar dispuestos de modo que cada
10 placa de electrodo 204A, 204B puede retirarse individualmente de la célula 110. Esto permite que el operario reemplace o reactive convenientemente los electrodos 204A, 204B, según se requiera. Tal como se muestra en la figura 5, un par de conductores o de barras 206 de distribución de corriente pueden estar soldados a una superficie no reactiva de los electrodos terminales 204A superior e inferior.

15 Haciendo referencia de nuevo a la figura 3, una pluralidad de placas de electrodo bipolares 204B están intercaladas entre o entre medias de un par de placas de electrodo terminales 204A superior e inferior. Los electrodos terminales 204A están situados en el mismo plano que los electrodos intermedios 204B para definir múltiples superficies de contacto para el fluido que va a tratarse. Los electrodos terminales 204A están configurados para actuar solamente como un ánodo o cátodo basándose en la fase en el ciclo de tratamiento de aguas residuales o de fluido. Sin
20 embargo, los electrodos intermedios 204B son bipolares, donde un lado plano o liso es un ánodo y el otro lado plano o liso del mismo electrodo 204B es un cátodo. La polaridad eléctrica de los electrodos 204B puede invertirse periódicamente para alternar el patrón de desgaste de modo que cada electrodo 204B se desgasta uniformemente.

25 Las placas de electrodo terminales 204A son más delgadas en comparación con los electrodos intermedios 204B dado que su velocidad de desgaste es comparativamente más lenta. Los electrodos intermedios 204B y los electrodos terminales 204A pueden incluir un sustrato de hierro, acero, carbono, cobre, aluminio, cerámica, titanio, aleación de titanio u otro metal de válvula. Los electrodos terminales 204A pueden dotarse de un recubrimiento electrocatalítico externo aplicado superficialmente que contiene una mezcla de óxidos de estaño, rutenio, iridio, paladio, niobio y otros materiales electrocatalíticos para conducir corriente al tiempo que reducen su velocidad de
30 disolución y prolongan su vida útil. La prolongación de su vida útil facilita importantes ahorros en los costes. Los electrodos 204B y electrodos terminales 204A pueden estar dispuestos en un espaciado coordinado predeterminado entre las piezas de inserción 302A, 302B.

35 Los electrodos 204A, 204B se apilan en una disposición horizontal. Esta disposición horizontal garantiza que un área superficial comparativamente mayor de los electrodos 204A, 204B está disponible para el consumo/la utilización. Esto puede mejorar el rendimiento de funcionamiento. Asimismo, a diferencia de los dispositivos de EC convencionales, los electrodos 204A, 204B no tienen que estar sellados. Ventajosamente, puede utilizarse casi toda el área superficial, es decir, aproximadamente el 95% o más del área superficial, de los electrodos 204A, 204B. Por otra parte, menos del 70% del área superficial de electrodo está disponible para el consumo en dispositivos de EC
40 de bastidor y placa convencionales. La mayor utilización de área superficial de los electrodos 204A, 204B puede traducirse potencialmente en una reducción de la cantidad de acero u otro material del electrodo. Por ejemplo, si existe la necesidad de 0,93 m² (10 pies cuadrados) de área activa (10 placas, 0,093 m² (un pie cuadrado) cada una), usando las realizaciones de la invención sólo se requerirían 10 placas de 0,10 m² (1,05 pies cuadrados) cada una o 0,98 m² (10,50 pies cuadrados) en total. Esto contrasta con los dispositivos de EC convencionales que requerirían
45 10 placas de 0,13 m² (1,43 pies cuadrados) o 1,33 m² (14,30 pies cuadrados) cada una al 70% de utilización.

50 En una realización de ejemplo, quince placas de electrodo (que forman 14 células) pueden colocarse en el bastidor 202 de empaquetamiento de electrodos. Cada placa puede tener un área superficial activa de 1248,38 cm² (193,5 pulgadas cuadradas) (longitud = 45,7 cm (18 pulgadas), anchura = 22,2 cm (8 3/4 pulgadas) y grosor = 0,64 cm (1/4 de pulgada)) al tiempo que proporcionan un flujo de diseño por célula de 3600 l/día.

55 Un conductor o una barra 206 de distribución de corriente puede estar soldado en el exterior o en la superficie no reactiva de los electrodos terminales 204A superior y/o inferior. Las barras conductoras 206 se extienden a lo largo de la longitud de los electrodos terminales 204A. Esta barra conductora 206 puede facilitar una distribución de corriente óptima y una conexión fácil a una fuente de alimentación (no mostrada). La barra conductora 206 promueve una distribución uniforme y homogénea de corriente a través de los electrodos 204A, 204B para facilitar un consumo homogéneo lo largo de la cara de los electrodos terminales e intermedios 204A, 204B.

60 Haciendo referencia de nuevo a la figura 2, la barra conductora 206 puede extenderse a través de una primera brida de extremo 106. Para mejorar la seguridad, las placas de electrodo terminales 204A pueden terminarse en conexiones de bus individuales en una primera cubierta de acceso terminal. Un rectificador (no mostrado) puede usarse para tomar corriente alterna de una fuente de alimentación adecuada, rectificarla y proporcionar corriente continua (CC) a las uniones. La cantidad de tensión y corriente requerida puede depender del volumen de aguas residuales que va a tratarse y del tipo y la concentración de contaminantes conocidos. Para obtener el rendimiento
65 óptimo y un desgaste uniforme de los electrodos 204A, 204B, la tensión del rectificador puede invertirse periódicamente. De manera ventajosa, la inversión de la polaridad de la corriente CC puede aplicarse a los

electrodos terminales 204A para promover una disolución homogénea de cualquier cara de los electrodos 204B en la corriente de fluido para los propósitos de desinfección y floculación/aglomeración de sólidos en suspensión sin la necesidad de ningún coagulante adicional externo. Asimismo, la polaridad inversa tiene un efecto de limpieza *in situ* para eliminar depósitos e incrustaciones de metal no deseadas para proporcionar una superficie más uniforme para llevar a cabo la electrólisis. Se ha observado que densidades de corriente desde 46,5 hasta 310 A/m² (desde 0,03 hasta 0,20 ASI) pueden generar flóculos adecuados para crear una buena coagulación y una mejor separación de sólidos y líquido.

Cada conexión de bus de electrodo terminal puede incluir una cubierta protectora 226. Las cubiertas 226 pueden proteger al operario de la descarga y proteger la conexión de factores medioambientales. Puede proporcionarse un dispositivo de conexión 228, tal como una clavija de acceso, para hacer la conexión eléctrica entre los electrodos terminales y la fuente de alimentación en una esquina de la cubierta de acceso terminal 226. La clavija de acceso 228 puede incluir una carcasa aislada con pasadores de metal que encajan en agujeros en una salida.

Las bridas de extremo o cubiertas de acceso terminales primera y segunda 106, 108 son simples cierres que se atornillan/desatornillan. De manera conveniente, la célula 110 no requiere un pistón de alta presión para conseguir un estado estanco. La disposición de brida de cierre que se atornilla/desatornilla facilita el acceso frontal al apilamiento de electrodos. Además, facilita un reemplazo rápido de los electrodos intermedios 204B y los electrodos terminales 204A. Un par de sellos, tales como juntas tóricas 212 pueden usarse para sellar las bridas de extremo primera y segunda 106, 108 a la célula 110. Cada brida de extremo 106, 108 puede mantenerse en su sitio usando dispositivos 214 de fijación de brida adecuados. Por ejemplo, las bridas de extremo 106, 108 pueden mantenerse en su sitio con varios pernos (por ejemplo, 16 pernos), arandelas planas, placas, arandelas de bloqueo y tuercas. Estos dispositivos 214 de fijación de brida pueden estar roscados a través de orificios 210 en las bridas de extremo 106, 108 y pueden sujetarse mediante espárragos o postes (no mostrados) en la célula 110. Las bridas de extremo 106, 108 atornilladas simplifican el montaje y desmontaje del aparato de REC. Las bridas de extremo 106, 108 pueden dotarse de orejetas para izar 240. Las orejetas para izar 230 pueden estar dotadas de orificios. Se entiende que cuando el bastidor 202 de empaquetamiento de electrodos, con los electrodos 204A, 204B, se inserta dentro de la célula, el peso del aparato de REC 200 aumenta sustancialmente. Por tanto, para facilitar la manipulación y el transporte convenientes, un gancho adecuado, tal como un gancho en J (no mostrado), puede insertarse en los orificios de las orejetas para izar 230. Una cadena puede fijarse al gancho para izar y subir entonces convenientemente el aparato de REC 200.

Cada brida de extremo 106, 108 puede abrirse fácil y convenientemente retirando simplemente los dispositivos 214 de fijación de brida. Puede ser posible acceder al bastidor 202 de empaquetamiento de electrodos abriendo sólo la primera brida de extremo 106. Además, dado que ambos electrodos terminales 204A están configurados en la misma orientación, y colocados cerca de la primera brida de extremo 106, sólo es necesario retirar la primera brida de extremo 106 para completar cualquier mantenimiento. Puede accederse fácilmente a los electrodos 204B y los electrodos terminales 204A para su mantenimiento de rutina y su reemplazo *in situ*. Asimismo, si es necesario, puede ser posible retirar un único electrodo 204A, 204B sin tener que retirar cualquier otra placa de electrodo.

Haciendo referencia ahora a la figura 4, las barras conductoras terminales 206 pueden sellarse a las bridas de extremo con mecanismos de sellado adecuados, tales como juntas tóricas 404. Las bridas de extremo 106, 108 pueden incluir además desviadores de flujo integrados 402. Los desviadores 402 pueden ser muescas o recortes configurados en las bridas de extremo 106, 108 para proporcionar un flujo de corriente de proceso laminar. Los desviadores 402 pueden configurarse de modo que la corriente de fluido que va a tratarse fluye de manera serpenteante entre la base del apilamiento de electrodos y la parte superior del apilamiento de electrodos. Puede proporcionarse un flujo continuo de la corriente de fluido a lo largo de todos los electrodos garantizando que los electrodos 204A, 204B están dispuestos en una disposición horizontal secuencial y garantizando que la célula sólo tiene una entrada en la parte inferior y una salida en la parte superior de la célula. Esta disposición permite un flujo laminar sin obstáculos por toda la anchura de los electrodos 204A, 204B dispuestos horizontalmente.

Según otra realización, en el presente documento se da a conocer un método para tratar una corriente de fluido. El método implica proporcionar una realización del aparato de REC tal como se describió anteriormente para facilitar el tratamiento de la corriente de fluido. La corriente de fluido puede entrar en el aparato de REC en un cuadrante inferior tangencial a la célula tubular y puede salir de la célula en un cuadrante superior tangencial a la célula. El aparato de REC puede desinfectar diversas formas de bacterias mediante oxidación electroquímica y aglomerando los sólidos en suspensión de la corriente de proceso mediante la coagulación de las partículas en suspensión. Más específicamente, el aparato de REC puede usarse en un procedimiento industrial a presión en comparación con un baño atmosférico o una configuración estática en que se requiere además la manipulación de gas u otros equipos de eliminación de sólidos.

En un aspecto, puede combinarse agua de mar salina a presión con la corriente de fluido para formar una corriente de proceso. La corriente a presión de agua de mar proporciona una salinidad conocida para que se produzcan determinadas reacciones electroquímicas y mejora la conductividad de la corriente de aguas residuales para reducir la tensión y la potencia de la célula. El aparato de REC también puede funcionar sin la adición de agua de mar salina a una tensión (potencia) de funcionamiento superior sin formar compuestos desinfectantes de cloro. Pueden

formarse otros oxidantes tales como hidróxidos, peróxidos, etc., para proporcionar la desinfección requerida.

El tratamiento de la corriente de proceso puede requerir la eliminación de contaminantes que incrementan la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO). También puede requerirse la
5 eliminación de materia de desecho sólida junto con la eliminación y la destrucción de bacterias dañinas tales como las coliformes fecales. Estos contaminantes son solubles e insolubles. Los que son solubles se tratan químicamente con oxidantes fuertes, tales como cloro, hipoclorito, ozono y peróxidos. Esta etapa de tratamiento inicial puede realizarse antes de hacer pasar la corriente de fluido a través del aparato de REC. El sistema del solicitante Omnipure™ puede usarse para esta etapa de tratamiento inicial.

10 La siguiente etapa de tratamiento puede implicar la eliminación de la materia sólida de la corriente de proceso que contiene además estos contaminantes (DBO, DQO, coliformes fecales, etc.). El aparato de REC ayuda a crear un entorno que promueve la eliminación de estos sólidos. La materia sólida puede ser partículas coloidales finas.

15 Cuando la corriente de proceso atraviesa el aparato de REC, se hace pasar CC entre el apilamiento de electrodos dispuestos horizontalmente. Durante el proceso de electrólisis, el ánodo se disolverá/erosionará electroquímicamente mientras que el cátodo se someterá a pasivación, sin disolverse. El electrodo de ánodo/sacrificio produce continuamente iones en el agua. Estos iones liberados son habitualmente hidróxidos metálicos (y, normalmente, hidróxidos de hierro). Los iones liberados desestabilizan las cargas negativas de las
20 partículas coloidales finas en suspensión y los sólidos coloidales en suspensión se atraen fácilmente a los cationes metálicos. Estos iones metálicos actúan como núcleos para atraer las partículas coloidales cargadas con electrones en un precipitado de flóculo. Esto genera un flóculo mayor y más pesado, que puede sedimentarse entonces por medio de la gravedad en un tanque de recogida y el agua tratada está lista para su descarga. El fluido tratado o sobrenadante está sustancialmente libre de contaminantes.

25 Un aspecto novedoso del tratamiento de fluido que usa el aparato de REC es la formación de partículas o flóculos aglomerados de tamaño óptimo con la menor cantidad de consumo de metal/electrodo. Esto puede prolongar la vida útil de los electrodos consumibles y también puede minimizar el uso de energía eléctrica. Asimismo, una vez que se forma el flóculo, la turbulencia en la corriente de líquido se minimiza de forma que el flóculo aglomerado no se rompe y puede sedimentar fácilmente. La formación de flóculos de tamaño óptimo puede facilitarse: a) garantizando que los
30 electrodos en el bastidor de empaquetamiento de electrodos están dispuestos en un plano horizontal y están espaciados apropiadamente una distancia predeterminada; b) controlando la velocidad de la corriente de fluido, y c) facilitando cambios apropiados en la dirección del flujo de aguas residuales serpenteante proporcionando desviadores de flujo en bridas de extremo.

35 El gas hidrógeno es un subproducto de las reacciones del procedimiento de electrocoagulación en el aparato de REC. El hidrógeno generado en el aparato de REC es más ligero que la corriente de fluido/líquido de corriente de fluido. El hidrógeno se mueve a una velocidad mayor debido a su densidad en relación con la corriente de aguas residuales. Por tanto, el hidrógeno añadido actúa como una chimenea o efecto Venturi, y cuando el flujo de corriente de aguas residuales serpentea a través de la parte inferior del aparato de REC hacia la parte superior se añade
40 velocidad que puede promover la limpieza de las placas de electrodo y también reducir la resistencia entre las placas de electrodo y la tensión de funcionamiento global.

45 Los desviadores de flujo en las bridas de extremo pueden permitir que una corriente de proceso continua se dirija en un flujo serpenteante en el interior de la célula. La disposición horizontal secuencial de los electrodos, y la célula que tiene una entrada y una salida, pueden permitir el flujo de la corriente continua a lo largo de todas las placas de electrodo. El cortocircuito del flujo puede evitarse por el flujo serpenteante con la disposición secuencial y horizontal de los electrodos. Además, puede evitar la formación de incrustaciones o depósitos que pueden no permitir una distribución uniforme del flujo a lo largo de todas las placas de electrodo como la que se produce cuando las placas se orientan en una disposición vertical como en los dispositivos de EC convencionales. En esta disposición
50 convencional, el flujo entrante puede ser igual al flujo saliente pero no garantiza un flujo uniforme e igual entre cada par de placas. En el peor de los casos, el flujo puede restringirse o incluso detenerse entre uno o más pares de placas en el apilamiento, pero el operario puede no ser consciente de esta situación. Por otra parte, la fuente de alimentación al aparato de REC, tal como se menciona en el presente documento, puede controlarse mediante PLC (controlador lógico programable) incorporado. La corriente de proceso y la tensión al aparato de REC pueden monitorizarse de manera continua. Por tanto, si el flujo se restringe o se detiene entre dos placas de electrodo cualquiera, el operario puede darse cuenta inmediatamente, usando técnicas convencionales, tales como tensión
55 aumentada, antes del sobrecalentamiento y la posible explosión del hidrógeno en el aparato de REC.

60 La corriente tratada que sale del aparato de REC puede canalizarse a un recipiente de desgasificación. Esto permite el purgado del gas hidrógeno. La etapa de desgasificación puede mejorar adicionalmente la capacidad de que las partículas floculadas se separen por gravedad. Las partículas floculadas pueden separarse en un tanque de sedimentación por debajo del recipiente de desgasificación. El tanque de sedimentación puede tener una parte inferior inclinada para acumular los sólidos sedimentados para su eliminación y para el procesamiento adicional
65 como sólidos desinfectados de clase B que pueden ser adecuados para la descarga en un vertedero. En la parte superior del tanque de sedimentación, el sobrenadante puede tener una calidad que cumple con los requisitos de

descarga y puede liberarse del sistema de tratamiento. Por ejemplo, el procedimiento de tratamiento puede proporcionar calidad de sobrenadante que cumple completamente los requisitos MEPC.159 (55) y MEPC 227(64) de la Organización Marítima Internacional (IMO) a la vez que elimina la necesidad de manipular sólidos de desecho de influente sin tratar, en bruto.

5 Según otra realización, el funcionamiento del aparato de REC en un modo de alta presión y alta velocidad se facilita mediante el diseño tubular de la célula del aparato de REC. Según una realización, se divulga un procedimiento de limpieza novedoso para el apilamiento de electrodos. El proceso implica hacer pasar agua en condiciones de alta presión desde la entrada hasta la parte inferior de la célula. Se permite que el agua fluya hacia arriba a través de los electrodos en el apilamiento de electrodos hacia fuera a través de la salida en la parte superior de la célula. El procedimiento implica además lavar el apilamiento de electrodos con aire en condiciones de alta presión. Se hace pasar el aire desde la salida y se permite que fluya hacia abajo a través de los electrodos en el apilamiento de electrodos y que salga a través de la entrada. El procedimiento de limpieza se lleva a cabo en condiciones de alta presión (desde aproximadamente 5,5 bar (80 psi) hasta aproximadamente 8,3 bar (120 psi)) en intervalos de tiempo predeterminados. En una realización de ejemplo, la presión en el interior del aparato de REC se mantiene a aproximadamente 1 bar (15 psi) y 2,4 bar (35 psi) durante una purga hacia delante y hacia atrás respectivamente mientras que se proporciona 5,5 bar (80 psi) de lavado por aire.

20 El aparato de REC puede soportar la limpieza en condiciones de sustancialmente alta presión *in situ*, a diferencia de los dispositivos de EC convencionales basados en tanque, sin ninguna fuga ni deformación física del cuerpo de la célula. Por ejemplo, los diversos componentes, concretamente, los electrodos terminales e intermedios, la barra conductora, las juntas tóricas, los espárragos, etc. pueden soportar la circulación inversa a alta presión y pueden mostrar desgaste uniforme. Los cambios dimensionales y la pérdida de peso de los electrodos pueden ser iguales a lo largo de todo el apilamiento de electrodos. Los electrodos no muestran ninguna indicación visible de efectos de golpe de ariete. Según una realización, la polaridad de los electrodos debe invertirse periódicamente (al menos una vez cada 15 minutos) durante el funcionamiento para obtener el rendimiento óptimo y desgaste uniforme de los electrodos.

30 Como consecuencia de la purga de circulación inversa de agua y aire a alta presión secuencial entre ciclos de funcionamiento se minimiza la incrustación y los electrodos pueden funcionar con más eficiencia sin limpieza manual durante periodos prolongados. La tensión de funcionamiento puede aumentarse proporcionalmente con las horas de funcionamiento y la acumulación de incrustación y tensión de funcionamiento pueden reducirse cuando se retira la incrustación. Según una realización, el procedimiento de limpieza garantiza que las placas de electrodo, en condiciones de funcionamiento requeridas, pueden funcionar durante más de 1500 horas de funcionamiento antes de tener que reemplazarse.

40 La limpieza puede automatizarse usando diversos sistemas de control conocidos en la técnica. Tal protocolo de limpieza a alta presión facilita la generación continua de partículas altamente cargadas y puede minimizar la limpieza manual de los electrodos. Esto también puede minimizar el mantenimiento/la limpieza manual por parte del operario y puede reducir sustancialmente cualquier tiempo de inactividad del aparato. El proceso de limpieza automatizado también puede proporcionar una operación de limpieza más uniforme y mejor.

45 El aparato de REC es un sistema modular ligero que presenta una huella pequeña y es fácil de instalar y mantener. Los costes implicados en la construcción del aparato de REC son sustancialmente menores que en los dispositivos de EC convencionales. Esto es debido al hecho de que el aparato de REC incluye componentes prefabricados convencionales. El montaje del aparato de REC requiere un pegado y fijaciones mínimos para sostener los componentes. Dado que se requiere un pegado mínimo, también se minimiza el riesgo de desarrollo de fugas.

50 Aparte de ahorro en costes notable, el aparato de REC es más seguro para que los operarios realicen el mantenimiento rutinario para mitigar la posibilidad de puntos de enganche peligrosos, desplazamiento de pila de electrodos e izado manual de placas de electrodo más pesadas. El aparato de REC puede permitir convenientemente un acceso frontal cuando se cambian los electrodos. El aparato de REC puede ofrecer protección a operarios, dado que no están expuestos a conexiones eléctricas o placas de electrodo donde pueda establecerse contacto humano.

55 La una o más realizaciones del aparato de REC dado a conocer en el presente documento puede usarse en cualquier sistema para tratar aguas residuales. Por ejemplo, el aparato de REC puede usarse en el sistema dado a conocer en la patente estadounidense n.º 8465653 en lugar del aparato de electrocoagulación dado a conocer en ese documento.

60 El aparato de REC puede usarse en una variedad de aplicaciones de electrocoagulación para el tratamiento y la recuperación de aguas residuales, por ejemplo, reflujo de fractura y tratamiento de agua producida, y la eliminación de metales y contaminantes (por ejemplo, fosfatos) de una variedad de corrientes de desecho.

65 La siguiente descripción con referencia a los dibujos adjuntos se proporciona para ayudar a una comprensión exhaustiva de realizaciones de ejemplo de la invención tal como se define en las reivindicaciones y sus equivalentes.

Por tanto, los expertos habituales en la técnica reconocerán que pueden realizarse diversos cambios y modificaciones de las realizaciones descritas en el presente documento sin apartarse del alcance de la invención. Además, pueden omitirse descripciones de funciones y construcciones bien conocidas por motivos de claridad y brevedad.

5 Los términos y las palabras usadas en la siguiente descripción y reivindicaciones no se limitan a los significados bibliográficos, sino que se usan por el inventor meramente para permitir una comprensión clara y coherente de la invención. Por tanto, debe ser evidente para los expertos en la técnica que la siguiente descripción de realizaciones de ejemplo de la presente invención se proporciona por motivos de ilustración y no con el propósito de limitar la invención tal como se define por las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

10 Aunque el aparato y los métodos de REC se describen en términos de “que comprende”, “que contiene” o “que incluye”, diversos componentes y métodos también pueden “consistir esencialmente en” o “consistir en” los diversos componentes y etapas. En particular, ha de entenderse que cada intervalo de valores (de la forma “desde aproximadamente a hasta aproximadamente b”, o de manera equivalente, “desde aproximadamente a hasta b”) dado a conocer en el presente documento, muestra cada número e intervalo comprendido dentro del intervalo más amplio de valores. Asimismo, los términos en las reivindicaciones tienen su significado normal y sencillo a menos que se defina otra cosa explícita y claramente por el titular de la patente. Además, los artículos indefinidos “uno”, “una”, “unos” o “unas”, tal como se usan en el presente documento, se definen para significar uno o más de un elemento que introduce.

15 Debe entenderse que las formas singulares “un”, “una”, “el” y “la” incluyen referentes plurales a menos que el contexto indique claramente otra cosa. Tal como se usan en el presente documento, las palabras “comprender”, “tener”, “incluir” y todas las variaciones gramaticales de las mismas tienen un significado abierto y no limitativo que no excluye elementos o etapas adicionales. Debe entenderse que, tal como se usan en el presente documento, “interior” y “exterior”, “primero” y “segundo”, etc., “superior” e “inferior”, etc., se asignan arbitrariamente y con la mera intención de diferenciar entre dos o más superficies, electrodos, cubiertas, etc., según sea el caso, y no indica ninguna orientación o secuencia particular. Además, debe entenderse que el mero uso del término “primero” no requiere que haya ningún “segundo”, y el mero uso del término “segundo” no requiere que haya ningún “tercero”, etc.

20 Por tanto, el aparato de REC está bien adaptado para lograr los fines y las ventajas mencionados así como los que le son inherentes. Las realizaciones particulares dadas a conocer anteriormente sólo son ilustrativas, dado que la presente invención puede modificarse y ponerse en práctica de maneras diferentes pero equivalentes evidentes para los expertos en la técnica que tienen el beneficio de las enseñanzas en el presente documento. Además, no se pretende ninguna limitación a los detalles de construcción o diseño mostrados en el presente documento, aparte de lo que se describe en las reivindicaciones a continuación. Por tanto, es evidente que las realizaciones particulares ilustrativas dadas a conocer anteriormente pueden alterarse o modificarse y que se considera que la totalidad de tales variaciones están dentro del alcance de la presente invención tal como se define por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Aparato (100) de reactor de electrocoagulación (REC) para el tratamiento de una corriente de fluido, que comprende:
 - 5 (A) un bastidor (202) de empaquetamiento de electrodos, en el que el bastidor (202) de empaquetamiento de electrodos comprende:
 - (i) un par de piezas de inserción (302A, 302B) opuestas, en el que cada una de las piezas (302A, 302B) de inserción comprende una pluralidad de orificios de pieza de inserción (203); y
 - 10 (ii) un apilamiento de electrodos, en el que el apilamiento de electrodos comprende una pluralidad de placas de electrodo, en el que la pluralidad de placas de electrodo comprende una placa de electrodo terminal (204A) superior y una inferior, y una pluralidad de placas de electrodo intermedias (204B) intercaladas entre las placas de electrodo terminales (204A) superior e inferior, en el que cada una de las placas de electrodo terminales (204A) está configurada como un ánodo o un cátodo, en el que cada una de las placas de electrodo terminales (204A) está configurada para ser más delgada en comparación con las placas de electrodo intermedias (204B), en el que cada una de las placas de electrodo intermedias (204B) es bipolar, de modo que un primer lado plano o llano de cada una de las placas de electrodo intermedias es un ánodo y un lado plano o llano opuesto de la misma placa de electrodo intermedia es un cátodo, y en el que cada una de las placas de electrodo (204A, 204B) está apilada horizontalmente en un par de orificios (203) de pieza de inserción opuestos formados en el par de piezas de inserción (302A, 302B) opuestas; y
 - 15 (B) una célula (110) que comprende paredes laterales cilíndricas, en el que el bastidor (202) de empaquetamiento de electrodos está insertado dentro de la célula cilíndrica, en el que una barra conductora (206) se extiende a lo largo de una longitud de cada uno de los electrodos terminales (204A) superior e inferior apilados horizontalmente.
- 25 2. Aparato de REC según la reivindicación 1, en el que una pared lateral exterior de cada una de las piezas de inserción (302A, 302B) es curvada, y en el que cada uno de los orificios (203) de pieza de inserción está formado en una pared lateral interior de las piezas de inserción (302A, 302B), y preferiblemente en el que cada una de las placas de electrodo (204A, 204B) está colocada a una distancia predeterminada de una placa de electrodo adyacente.
- 30 3. Aparato de REC según la reivindicación 1, en el que cada una de las piezas de inserción (302A, 302B) es luniforme.
- 35 4. Aparato de REC según la reivindicación 1, en el que cada una de las piezas de inserción (302A, 302B) es no conductora.
- 40 5. Aparato de REC según la reivindicación 1, en el que cada una de las piezas de inserción (302A, 302B) está configurada para poder retirarse y reemplazarse.
- 45 6. Aparato de REC según la reivindicación 1, en el que las placas de electrodo terminales (204A) tienen un recubrimiento electrocatalítico externo aplicado superficialmente que contiene materiales electrocatalíticos para conducir corriente al tiempo que reducen su velocidad de disolución y prolongan la vida útil de los electrodos terminales (204A).
- 50 7. Aparato de REC según la reivindicación 2, en el que la pared lateral exterior de las piezas de inserción (302A, 302B) comprende una o más aberturas (208) de pieza de inserción.
- 55 8. Aparato de REC según la reivindicación 7, en el que las paredes laterales cilíndricas de la célula (110) comprenden además uno o más orificios, y en el que cada abertura de pieza de inserción se alinea con un orificio correspondiente en las paredes laterales cilíndricas de la célula para formar un agujero pasante cuando el apilamiento de electrodos se inserta en la célula (110), y comprendiendo además preferiblemente el aparato (100) de REC un dispositivo de bloqueo (216, 218), y en el que el dispositivo de bloqueo (216, 218) se rosca en el agujero pasante para acoplar firmemente el bastidor (202) de empaquetamiento de electrodos a la célula (110).
- 60 9. Aparato de REC según la reivindicación 1, en el que una pluralidad de placas de electrodo bipolares (204B) están apladas entre medias de los electrodos terminales (204A), y en el que preferiblemente las barras conductoras (206) están fijadas a una superficie exterior de o por encima de los electrodos terminales (204A) superior e inferior.
- 65 10. Aparato de REC según la reivindicación 1, en el que cada placa de electrodo (204A, 204B) está apilada en una alineación horizontal con una placa de electrodo (204A, 204B) adyacente.
11. Aparato de REC según la reivindicación 1, que comprende además una primera y una segunda brida (106,

108), en el que cada una de las bridas (106, 108) está configurada para sellar un primer y un segundo extremo de la célula cilíndrica, y en el que las barras conductoras (206) se extienden a través de al menos la primera brida.

- 5 12. Aparato de REC según la reivindicación 11, en el que cada una de la primera y la segunda brida comprende además una pluralidad de desviadores de flujo integrados, en el que preferiblemente la pluralidad de desviadores de flujo integrados facilita un flujo serpenteante de las aguas residuales dentro de la célula.
- 10 13. Método para tratar una corriente de fluido que comprende: hacer pasar la corriente de fluido a través del aparato de reactor de electrocoagulación (REC) según la reivindicación 1.
- 15 14. Método según la reivindicación 13, que comprende además combinar una corriente de agua de mar salina a presión con la corriente de fluido antes de hacerla pasar a través del aparato de REC.
- 20 15. Método según la reivindicación 13, que comprende además formar cada par de orificios de pieza de inserción opuestos a una distancia predeterminada e igual de un par adyacente de orificios de pieza de inserción opuestos para facilitar un flujo uniforme e igual de la corriente de proceso entre cada una de las placas de electrodo.
- 25 16. Método según la reivindicación 13, que comprende además proporcionar un par de bridas de extremo para la célula cilíndrica, en el que cada brida comprende desviadores de flujo integrados (402), en el que los desviadores de flujo integrados (402) son preferiblemente muescas o recortes configurados en las bridas de extremo (106, 108) para facilitar un flujo serpenteante de la corriente de proceso, en el que el flujo serpenteante implica un flujo continuo y secuencial de la corriente de fluido desde una entrada en la base de la célula cilíndrica hasta una salida en la parte superior de la célula cilíndrica.
- 30 17. Método según la reivindicación 13, que comprende además limpiar el apilamiento de electrodos *in situ*, en el que la limpieza comprende: permitir que una corriente de agua a presión fluya hacia arriba a través del apilamiento de electrodos, en el que se hace pasar el agua desde una entrada en la base de la célula cilíndrica hasta una salida en la parte superior de la célula cilíndrica; y hacer pasar una corriente de aire a presión hacia abajo a través del apilamiento de electrodos, en el que se hace pasar el aire desde la salida en la parte superior de la célula cilíndrica.
- 35 18. Método según la reivindicación 17, que comprende además limpiar el apilamiento de electrodos de aproximadamente 5,52 bar (80 psi) a aproximadamente 8,27 bar (120 psi), en el que preferiblemente la limpieza se lleva a cabo a intervalos de tiempo predeterminados.
- 40

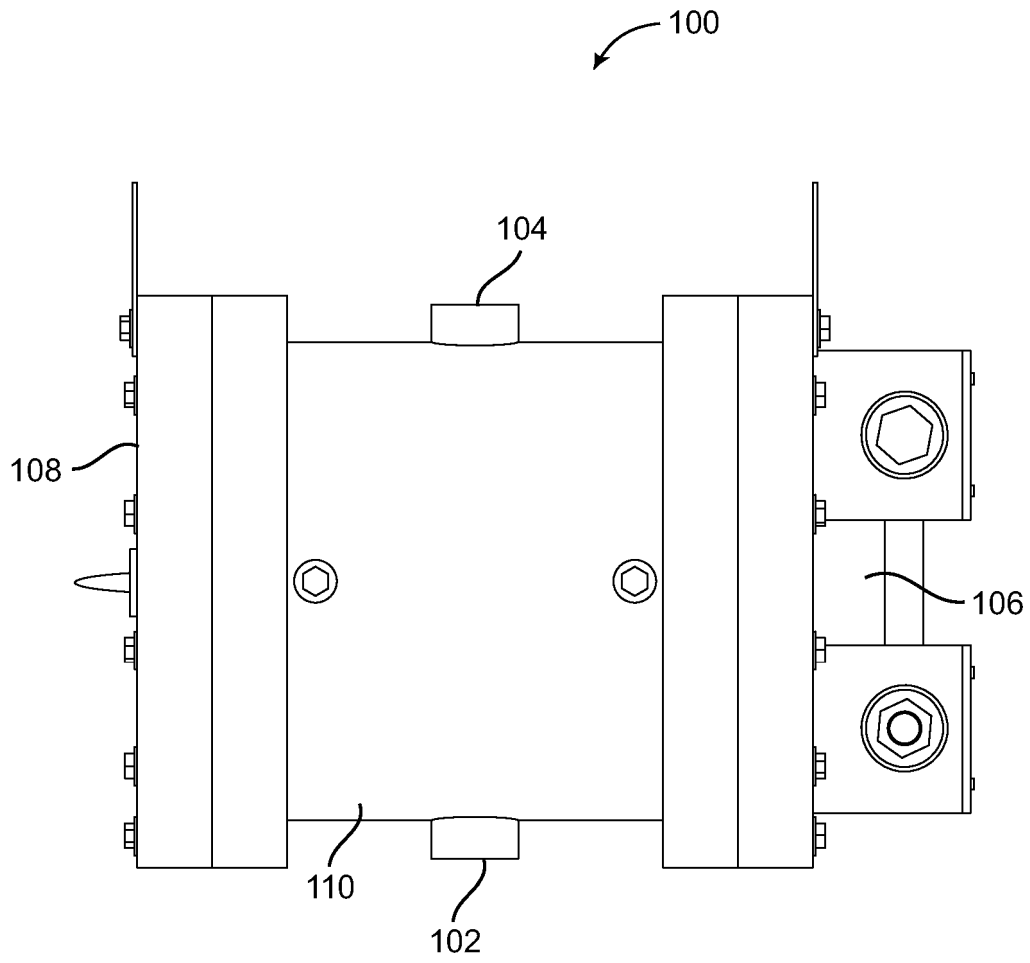


FIG. 1A

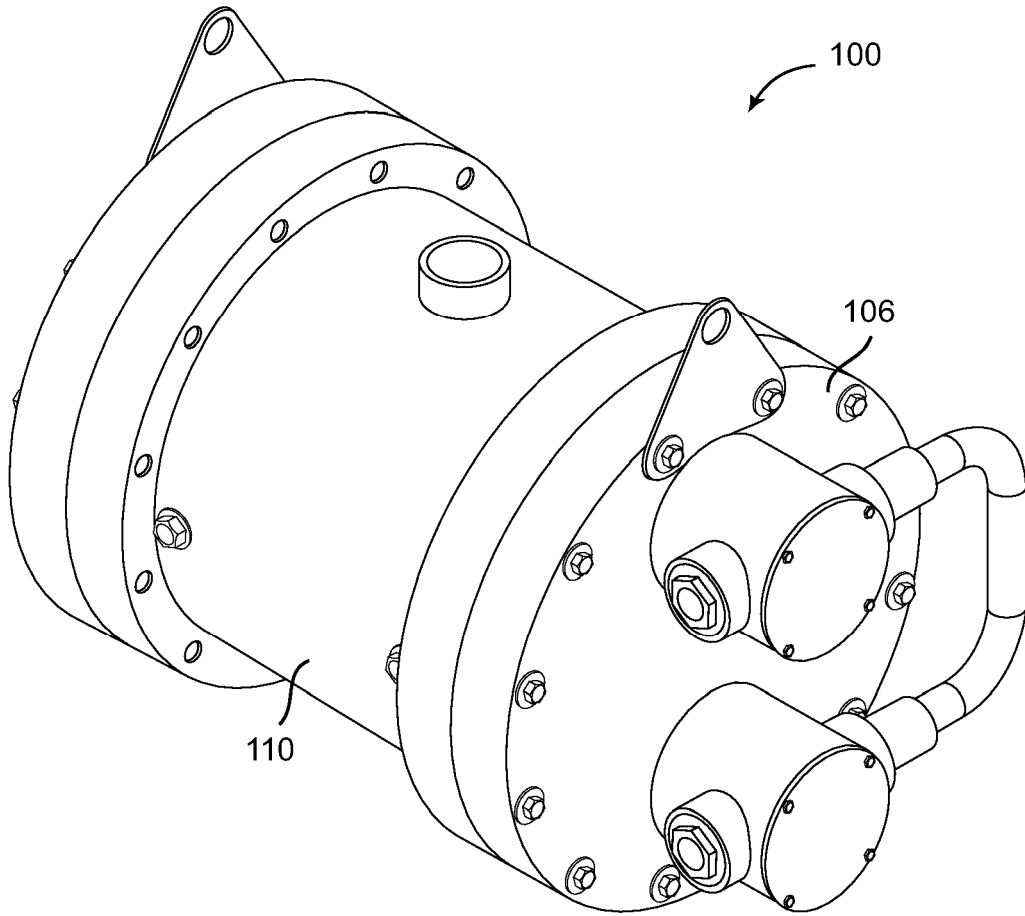


FIG. 1B

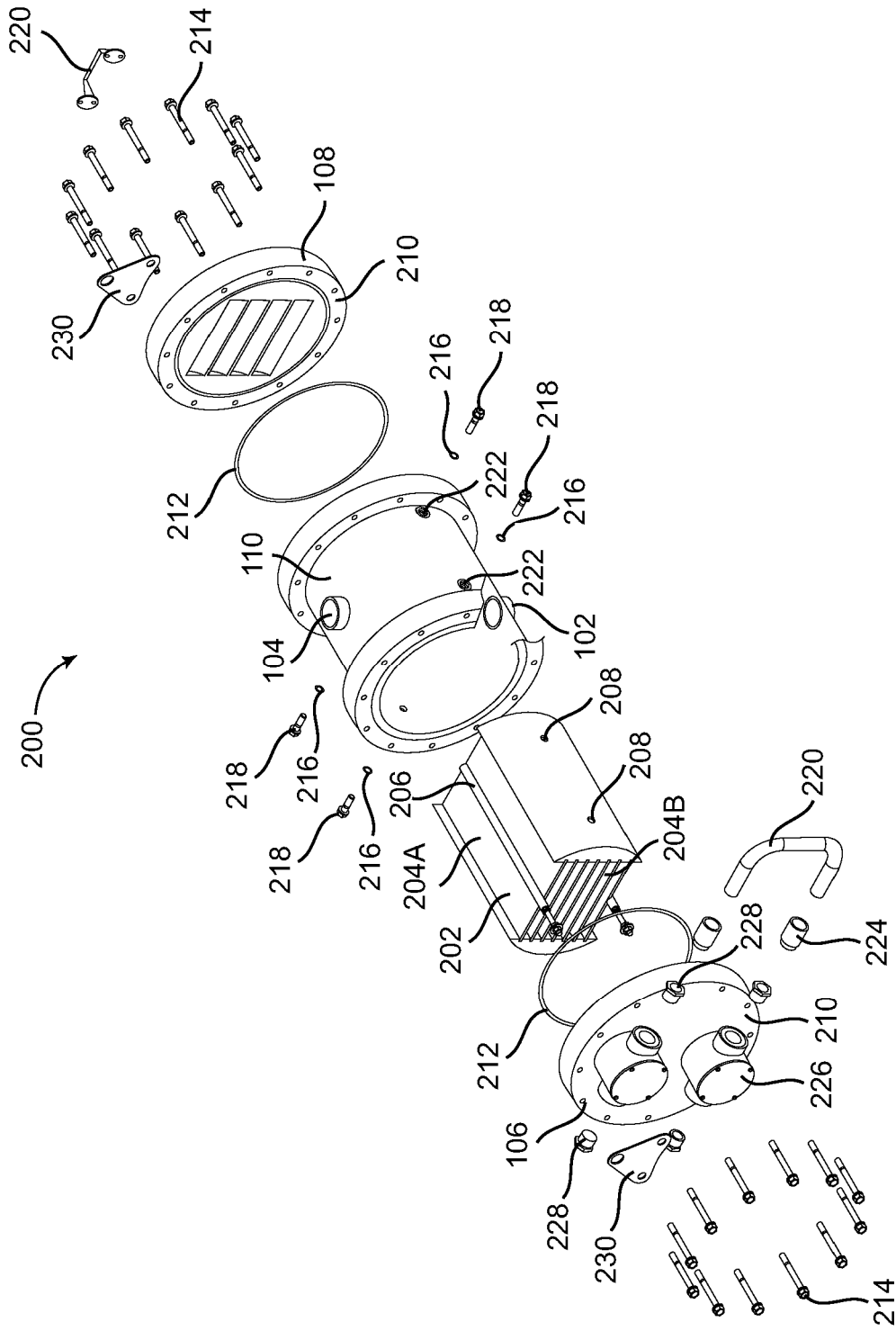


FIG. 2

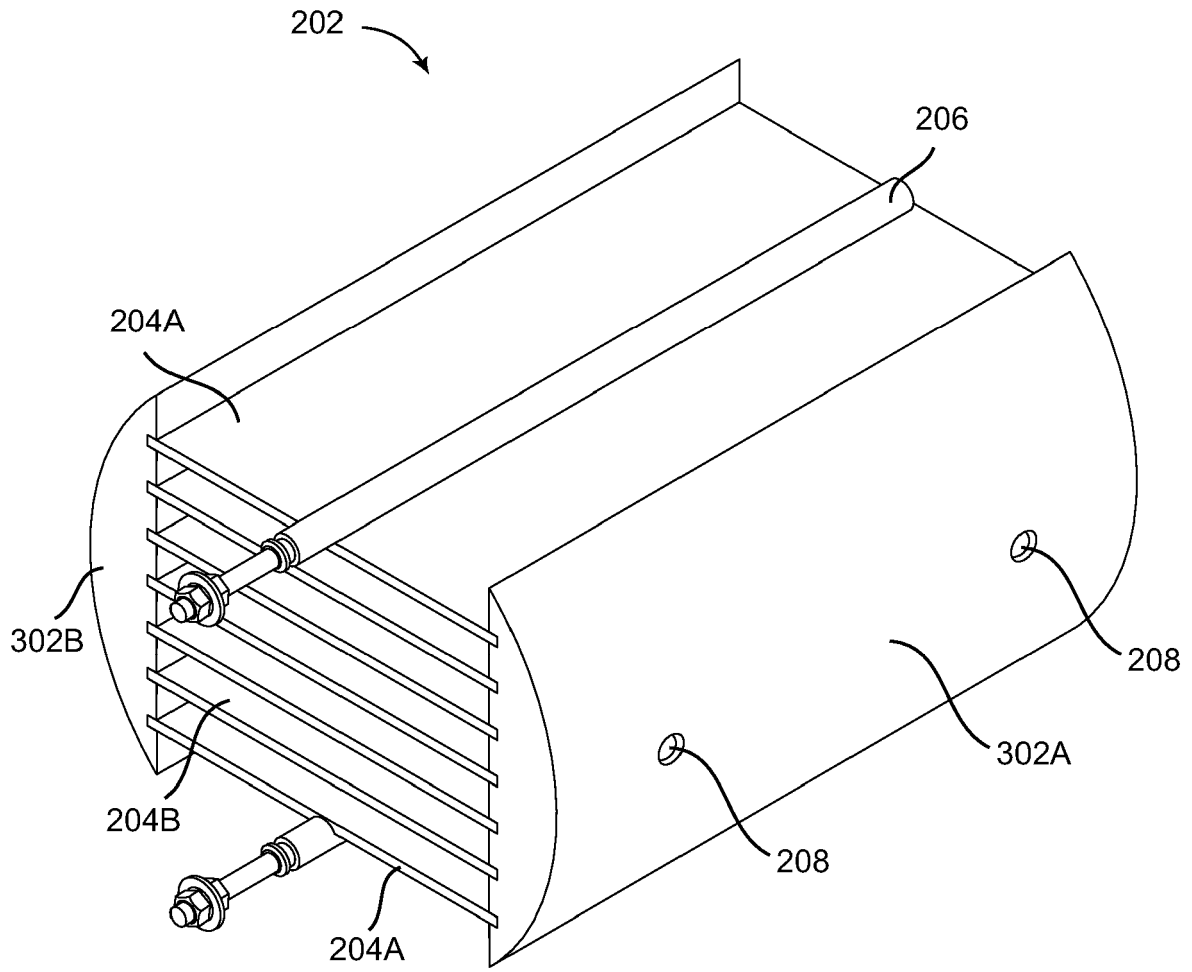


FIG. 3

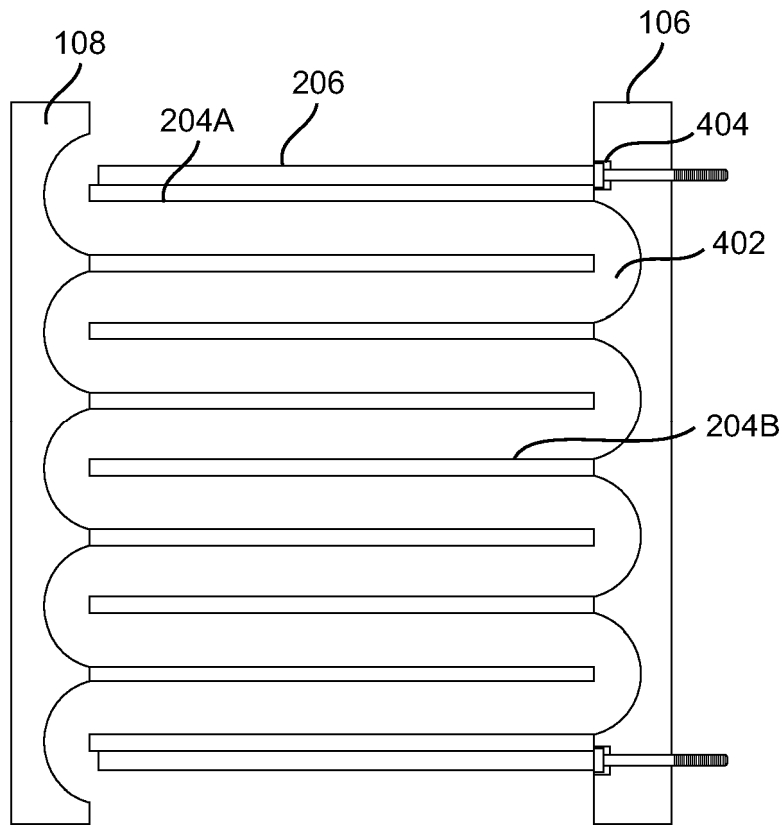


FIG. 4

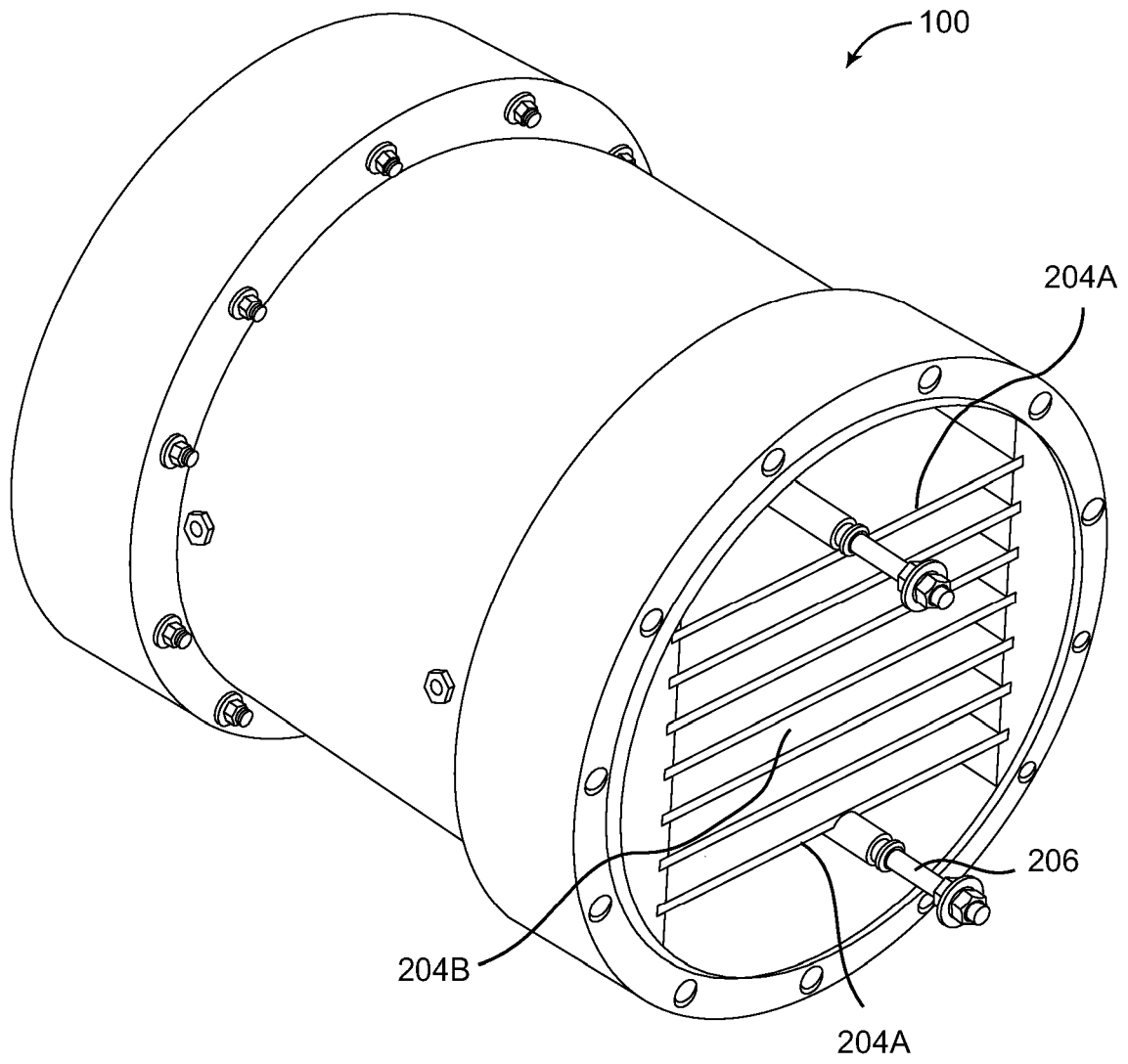


FIG. 5

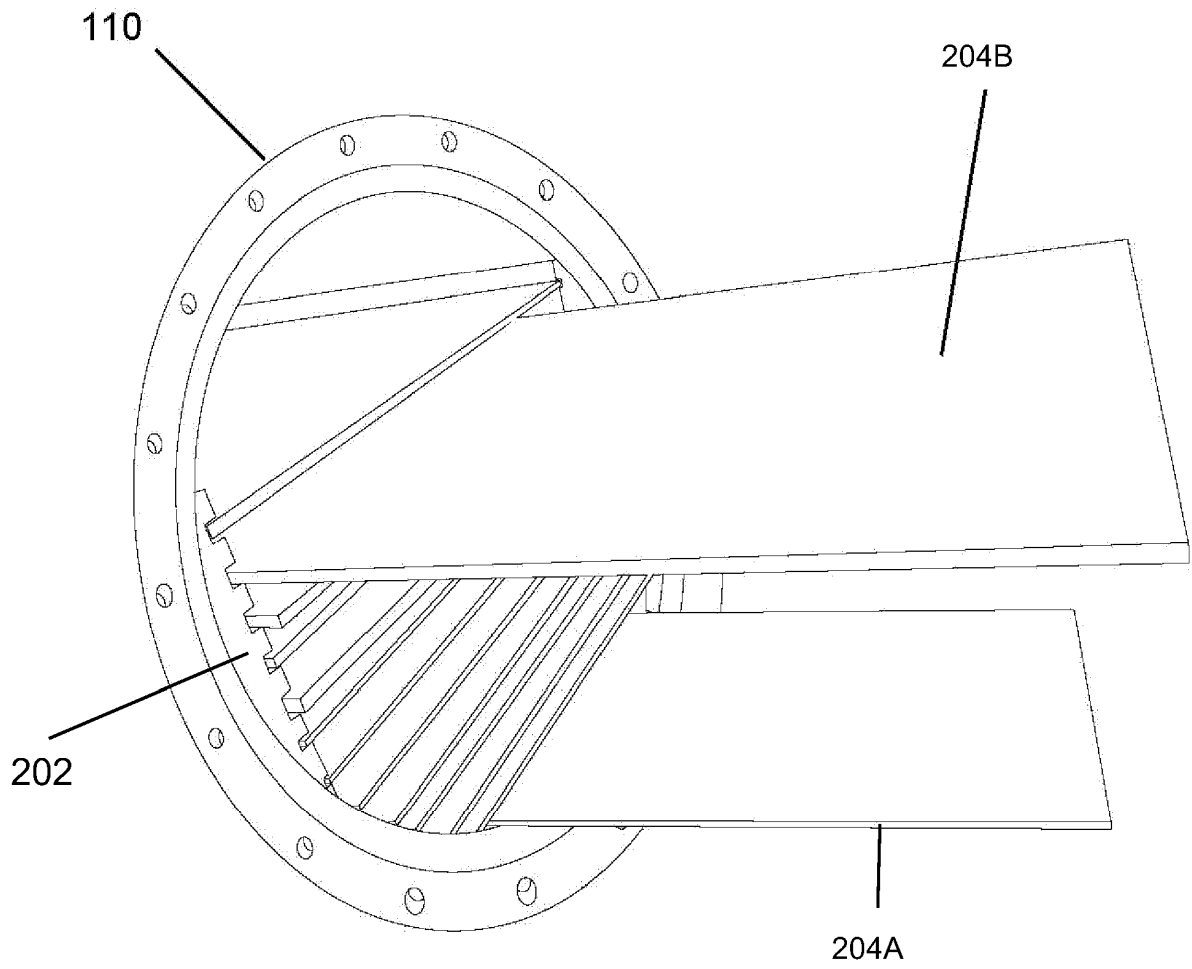


FIG. 6

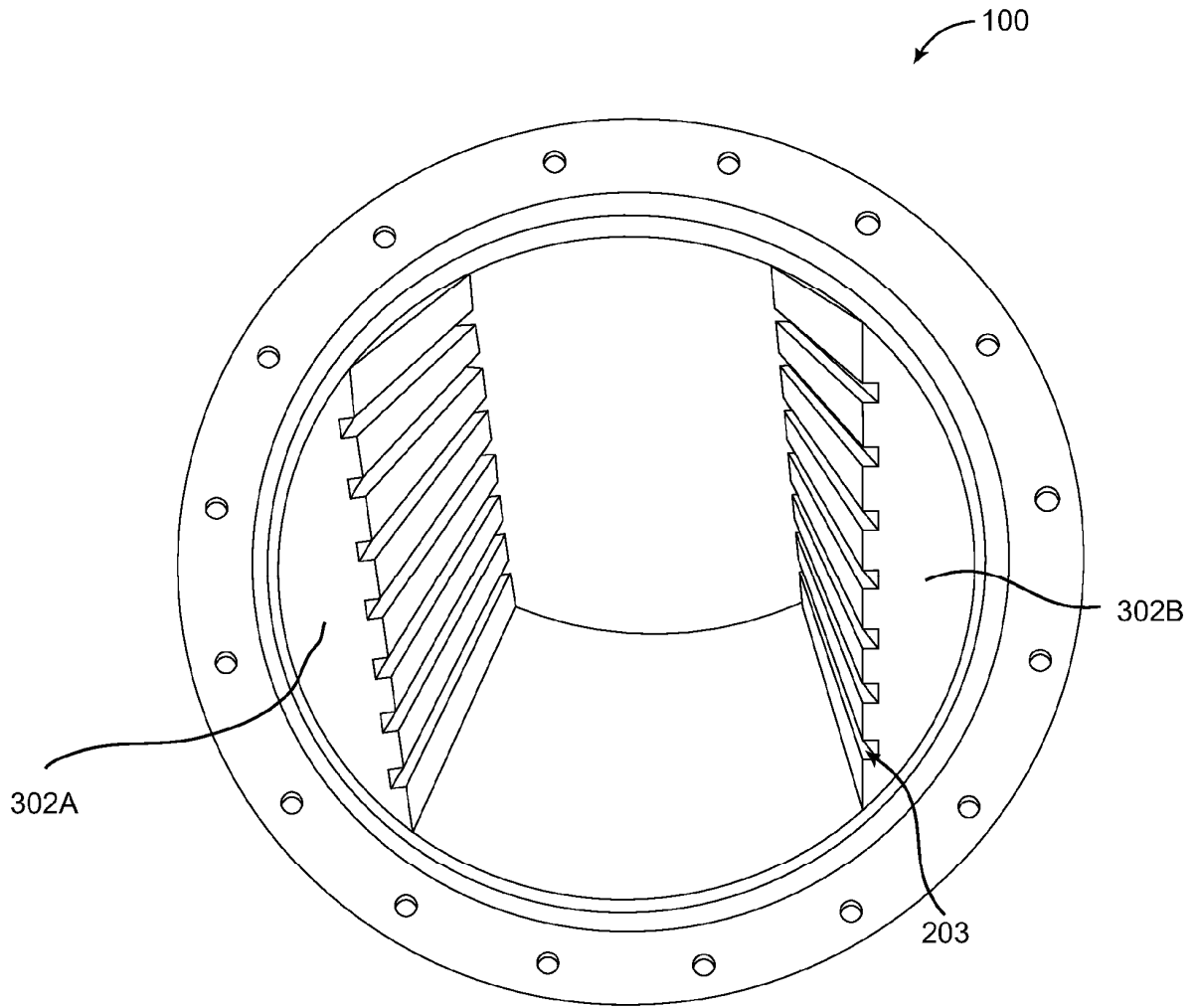


FIG. 7

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 La lista de referencias citadas por el solicitante es, únicamente, para conveniencia del lector. No forma parte del documento de patente europea. Si bien se ha tenido gran cuidado al compilar las referencias, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP declina toda responsabilidad a este respecto.

Literatura no patente citada en la descripción

- FR 2707282 A1 [0003]
- US 4917782 A [0004]
- US 8465653 B [0053]