

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 759 623**

51 Int. Cl.:

C02F 1/467 (2006.01)

C02F 1/461 (2006.01)

C02F 103/36 (2006.01)

C02F 101/30 (2006.01)

C02F 101/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.02.2017 PCT/US2017/016385**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.08.2017 WO17136647**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2017 E 17705749 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019 EP 3386924**

54 Título: **Electrooxidación a presiones elevadas**

30 Prioridad:

05.02.2016 US 201662291746 P

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

11.05.2020

73 Titular/es:

Siemens Energy, Inc. (100.0%)

4400 Alafaya Trail

Orlando, FL 32826-2399, US

72 Inventor/es:

KUMFER, BRYAN J.

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 759 623 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

Electrooxidación a presiones elevadas

5 **Campo**

La presente divulgación se refiere en general a los procedimientos y sistemas de oxidación, y más particularmente a sistemas y métodos para tratar componentes oxidables en un fluido mediante electrooxidación a presión elevada.

10 **Antecedentes**

La electrooxidación es un procedimiento electroquímico en el cual se producen las reacciones de oxidación aplicando un campo eléctrico entre un ánodo y un cátodo. Se han desarrollado varios electrodos diseñados especialmente para electrooxidación en un esfuerzo por prolongar la vida de los electrodos y maximizar la capacidad de oxidación. Uno de tales electrodos diseñado especialmente se ha desarrollado a partir de un material de diamante dopado con boro. La electrooxidación usando tales materiales de diamante dopados con boro puede usarse para tratar productos orgánicos solubles, por ejemplo, en aguas residuales. En el procedimiento de electrooxidación, se aplican normalmente densidades de corriente altas (por ejemplo, $\geq 29.000 \text{ A/m}^2$) para oxidar los componentes diana. De este modo, pueden producirse gases significativos y puede producirse ebullición del fluido tratado debido al calor generado en la celda. Estos gases pueden provocar resistencia en la celda de oxidación, aumentando de ese modo el voltaje necesario para pasar la corriente en la misma, y aumentando también de ese modo los costes de funcionamiento de la celda.

Las soluciones propuestas actuales han incluido celdas de funcionamiento a densidades menores que la máxima de forma que la producción de gas tiene un efecto mínimo. Sin embargo, esto provoca que la celda de electrooxidación se haga funcionar también a una capacidad y/o eficiencia de oxidación menor que la óptima. Además, se han utilizado caudales altos para el barrido de los gases generados a partir de la celda. Los caudales altos, sin embargo, aumentan los costes de capital y funcionamiento ya que se requiere una bomba y una tubería mayores. Por consiguiente, existe un margen de mejora significativo en la electrooxidación de componentes oxidables.

El documento US 4.085.028 A describe un dispositivo de cloración electrolítico.

El documento WO 2014/085924 A1 describe el tratamiento eficaz de aguas residuales usando celdas electroquímicas.

El documento EP 1 008 557 A1 describe un método de electrolisis hidrotérmica y un aparato correspondiente.

Breve descripción de los dibujos

40 La invención se explica en la siguiente descripción en vista de los dibujos que muestran:

La figura 1 es una ilustración esquemática de un sistema de tratamiento según un aspecto de la presente invención.

45 La figura 2 ilustra una realización de una celda de electrooxidación para su uso en un sistema de tratamiento según un aspecto de la presente invención.

La figura 3 ilustra una placa de orificio para aumentar la presión en la celda de electrooxidación según un aspecto.

50 La figura 4 es una gráfica que ilustra una reducción en el consumo de energía por una celda de electrooxidación aumentando la presión en la celda de electrooxidación según un aspecto de la presente invención.

Descripción detallada

Según un aspecto de la presente invención, se proporcionan sistemas de electrooxidación y procedimientos de tratamiento los cuales mejoran notablemente la electrooxidación de componentes oxidables reduciendo mientras los costes asociados con el funcionamiento de un sistema y una celda de electrooxidación. Según un aspecto, aumentando la presión en la celda durante la electrooxidación, se reducen y/o eliminan las burbujas de gas; se disminuye el tamaño de y/o se eliminan las burbujas de gas formadas en la celda; y/o se minimiza la ebullición del fluido que se está tratando. Además, la presión elevada puede reducir la resistencia dentro de la celda de electrooxidación, reduciendo de ese modo el voltaje necesario para la oxidación. El voltaje inferior puede, a su vez, reducir significativamente las necesidades de potencia para la celda y prolongar la vida útil de la celda.

Según un aspecto, se describe un procedimiento para tratar un fluido que comprende al menos un componente oxidable según la reivindicación 1.

65 Según otro aspecto, se proporciona un sistema para tratar un fluido que comprende al menos un componente

oxidable según la reivindicación 8.

Tal como se usa en el presente documento, el término “aproximadamente” se refiere a un valor el cual puede ser el 5% del valor indicado.

5 En referencia a la figura 1, se muestra una realización de un sistema 10 según un aspecto de la presente invención. El sistema 10 comprende un recipiente, por ejemplo, el tanque 12, que contiene una cantidad de un fluido 14 que comprende al menos un contaminante oxidable en el mismo que puede oxidarse por el sistema 10. El tanque 12 puede comprender cualquier alojamiento adecuado para almacenar el fluido 14, y puede, por ejemplo, comprender un recipiente presurizado cerrado o al aire libre. Además, el sistema 10 incluye adicionalmente una celda 16 de electrooxidación (más adelante en el presente documento celda de oxidación) tal como se describe a continuación. La celda 16 de oxidación puede alimentarse mediante una fuente 18 de alimentación local o remota la cual suministra una corriente entre un ánodo y un cátodo de la celda 16 de oxidación. Se incluyen normalmente una o más bombas (P) para suministrar el material 14 desde el tanque 12 hasta la celda 16.

15 El fluido 14 puede ser cualquier fluido que comprende un componente oxidable el cual puede suministrarse a la celda 16 para el tratamiento de la misma. En una realización, el fluido 14 comprende un fluido acuoso. El componente oxidable puede comprender cualquier componente o compuesto destinado a retirarse del fluido 14 mediante el sistema 10, tal como para salud pública, diseño de procedimiento y/o consideraciones estéticas. En algunas realizaciones, el componente oxidable comprende uno o más materiales orgánicos. Los materiales orgánicos a modo de ejemplo que van a retirarse mediante el sistema 10 pueden incluir pesticidas herbicidas, fenoles, ftalatos e hidrocarburos, por ejemplo, hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos alifáticos, y similares. Además, el componente oxidable puede comprender en su lugar o adicionalmente uno o más materiales inorgánicos. Los materiales inorgánicos a modo de ejemplo para oxidarse mediante el sistema 10 pueden incluir sulfuros, mercapturos y cianuros.

20 En una realización, el fluido 14 comprende un agua residual de una fuente de refinería que comprende una cantidad de compuestos orgánicos en el mismo. Tal como se usa en el presente documento, el término “sosa cáustica gastada de refinería” se refiere a sosa cáustica gastada generada en el funcionamiento de equipos y procedimientos tales como los que se encuentran en una refinería de petróleo. La sosa cáustica gastada de refinería puede tener niveles altos de demanda química de oxígeno (DQO), en algunos casos entre aproximadamente 400.000 mg/l y 500.000 mg/l o más. Tal sosa cáustica gastada de refinería puede contener uno o más compuestos nafténicos, cresílicos y sulfídicos.

35 En otra realización, el fluido 14 comprende una corriente residual o similar que tiene uno o más compuestos oxidables biológicamente activos (componente oxidable) o uno derivado de un procedimiento relacionado con los productos farmacéuticos. En determinadas realizaciones, estos compuestos oxidables biológicamente activos incluyen productos orgánicos resistentes y recalcitrantes. En una realización particular, el componente oxidable comprende un compuesto alterador endocrino. Tales compuestos representan una clase de compuestos orgánicos recalcitrantes que pueden afectar sistemas hormonales en organismos y se encuentran en el ambiente. Los ejemplos de compuestos alteradores endocrinos incluyen: alquilfenólicos, tales como nonilfenol usado para retirar aceite, así como hormonas naturales y esteroides sintéticos encontrados en anticonceptivos, tales como 17-b-estradiol, estrona, testosterona y etinil estradiol.

45 La celda 16 de electrooxidación (oxidación) puede comprender cualquier celda 16 de electrooxidación apropiada conocida en la técnica que tiene al menos un ánodo, un cátodo y electrodo bipolar tal como se define en las reivindicaciones adjuntas, y estructura(s) adecuada(s) para aplicar un campo eléctrico entre el ánodo y el cátodo. Tal como se usa en el presente documento, el término “electrodo bipolar” se refiere a un electrodo el cual, cuando se coloca entre un ánodo y un cátodo y se aplica un potencial al mismo, se comportará tanto como un ánodo como como un cátodo. Las celdas de oxidación a modo de ejemplo que incluyen al menos un cátodo, un ánodo y un electrodo bipolar dispuesto entre el cátodo y el ánodo se exponen en el documento US 8.273.225 y en el documento US 2014/0054166.

55 En referencia a la figura 2, se muestra, por ejemplo, una sección en corte transversal de una celda 16 de oxidación a modo de ejemplo para su uso en el sistema 10. Se entiende, sin embargo, que la presente invención no se limita a la configuración mostrada. Tal como se muestra, en una realización, la celda 16 de oxidación comprende un alojamiento 19 formado a partir de un material inerte, tal como un material polimérico, un electrolito 20 y una pluralidad de electrodos 22 bipolares dispuestos en relación paralela entre sí entre un ánodo 24 y un cátodo 26. Por medio de esta configuración, se proporciona una zona 25 de electrooxidación entre el ánodo 24 y el cátodo 26 dentro de los cuales pueden oxidarse los componentes oxidables en el material 14.

65 El electrolito 20, el ánodo 24 y el cátodo 26 pueden comprender cualquier material adecuado para su propósito deseado. En una realización, cada electrodo 22 bipolar puede estar en forma de una placa o lámina, aunque la presente invención no se limita a ello. El al menos un electrodo bipolar comprende un material de diamante dopado con un material dopante conductor. En un aspecto, cada electrodo 22 bipolar comprende un material de diamante. El material de diamante puede comprender un material de diamante formado o depositado mediante un procedimiento

de deposición química de vapor (CVD, por sus siglas en inglés *chemical vapor deposition*) (tal como un procedimiento de CVD por plasma de microondas), un diamante fabricado mediante un procedimiento a temperatura alta y presión alta, y un diamante de tipo IIb natural. En otras realizaciones, el material de diamante puede comprender un material policristalino o un material de diamante monocristalino. En una realización, el material de diamante comprende un material de diamante policristalino y se forma o deposita mediante un procedimiento de CVD.

Adicionalmente, el material de diamante comprende un material dopante para hacer que el material de diamante del electrodo bipolar sea conductor. Como ejemplo, el material dopante puede seleccionarse del grupo que consiste en litio, berilio, nitrógeno, fósforo, azufre, cloro, arsénico, selenio y boro. En una realización particular, el material dopante comprende boro puesto que el boro tiene una baja energía de activación, y por tanto, proporciona un valor de conductividad alta a temperatura ambiente. El dopaje puede lograrse mediante implantación, pero también puede lograrse mediante incorporación del elemento dopante durante la síntesis de la capa de diamante, por ejemplo, durante la síntesis del diamante mediante procedimiento de deposición química de vapor (CVD) por plasma de microondas. Un ejemplo de un procedimiento de dopaje adecuado en el que el diamante es diamante policristalino es tal como se describe en el documento EP 0 822 269. Un ejemplo de un procedimiento de dopaje adecuado en el que el diamante comprende un diamante monocristalino se describe en el documento WO 03/052174. En determinadas realizaciones, el electrodo 22 bipolar puede comprender un material de diamante dopado con boro depositado sobre una estructura de soporte adecuada tal como se expone en el documento US 2014/0054166.

En determinadas realizaciones, el sistema 10 puede incluir adicionalmente uno o más filtros 30 tal como se muestra en la figura 1 dispuestos en una trayectoria de flujo entre el tanque 12 y la celda 16 de oxidación para retirar sólidos del material 14 antes del suministro a la celda 16 de oxidación. En una realización, el filtro 30 puede comprender un filtro de tipo membrana o pantalla que tiene un tamaño de abertura o poro deseado según sea necesario para la aplicación particular. Según otro aspecto, el sistema 10 puede emplear uno o más refrigerantes 32 en el mismo para reducir la temperatura del fluido 14 antes de la entrada a la celda de oxidación. En una realización, el fluido 14 tiene una temperatura de 60°C o menos tras su introducción en la celda 16 de oxidación. En una realización particular, el fluido 14 tiene una temperatura de 40-60°C tras entrar en la celda 16 de oxidación, y en una realización particular, aproximadamente 50°C. Generalmente, cuanto mayor es la temperatura, mayor es la conductividad para la celda 16 de oxidación; sin embargo, deben respetarse los límites de temperatura de funcionamiento de la celda 16.

Según un aspecto, el sistema 10 incluye adicionalmente cualquier estructura o disposición adecuada (a continuación en el presente documento "medios 35 de mantenimiento de presión") que proporciona y mantiene una presión elevada en la zona 25 de oxidación de la celda 16 de oxidación. Puede entenderse que la zona 25 de oxidación se refiere a cualquier parte de la celda 16 en la que el fluido 14 puede tratarse para oxidar uno o más componentes en el fluido 14. La presión elevada es ≥ 10 psi (0,69 bar), tal como desde 10 psi (0,69 bar) hasta 50 psi (3,45 bar), y en una realización particular de aproximadamente 20 psi (1,38 bar) a aproximadamente 45 psi (3,10 bar). Tal como se expone en el ejemplo a continuación, el presente inventor ha encontrado que el consumo de energía de una celda 16 de electrooxidación tal como se describe en el presente documento puede reducirse en aproximadamente un 25% aumentando la presión en la celda de desde ≤ 10 psi (0,69 bar) hasta 20-45 psi (1,38-3,10 bar). El consumo de energía reducido tiene numerosas ventajas, tales como costes de funcionamiento inferiores y requisitos de huella reducidos.

Además, el inventor ha encontrado que una presión elevada en la celda 16 (≥ 10 psi, es decir $\geq 0,69$ bar) puede ventajosamente:

- 1) aumentar la eficiencia de electrooxidación de componentes oxidables reduciendo también mientras los costes asociados con el funcionamiento del sistema 10 y la celda 16.
- 2) reducir y/o eliminar la formación de burbujas de gas en la celda 16 durante el funcionamiento, incluso a densidades de corriente más altas (por ejemplo, > 10.000 A/m²);
- 3) disminuir el tamaño de las burbujas de gas en la celda 16 durante el funcionamiento, incluso a densidades de corriente más altas (por ejemplo, > 10.000 A/m²);
- 4) minimizar y/o eliminar la ebullición de fluido 14 que está tratándose en la celda 16;
- 5) reducir la resistencia de la celda 16 de oxidación, reduciendo de ese modo el voltaje necesario para oxidación 16; y/o
- 6) reducir significativamente los requisitos de energía tal como se señaló anteriormente, y por tanto prolongar la vida útil de la celda.

Debido a al menos la formación de burbujas de gas reducida y otros beneficios señalados anteriormente, la celda 16 de oxidación puede hacerse funcionar a densidades de corriente mayores que las celdas y sistemas de electrooxidación conocidos, aumentando de ese modo la capacidad y/o eficiencia de electrooxidación de la celda 16

de oxidación. Por tanto, según otro aspecto, la celda 16 de oxidación tal como se describe en el presente documento se hace funcionar a la presión elevada y a una densidad de corriente de desde 10.000 A/m² hasta 40.000 A/m², y en una realización particular desde 25.000 hasta aproximadamente 35.000 A/m². Por debajo de 10.000 A/m², la eficiencia de oxidación se reduciría o limitaría de manera creciente a medida que se baja la densidad de corriente.

5 Tal como se menciona, puede utilizarse cualquier estructura o método adecuado conocido en la técnica ("medios 35 de mantenimiento de presión") para proporcionar y/o mantener la presión elevada dentro de la celda 16 de oxidación. En una realización, tal como se muestra en la figura 1, los medios 35 de mantenimiento de presión pueden comprender una válvula (V) de control de flujo o bien en una trayectoria 34 de flujo de entrada que conduce a la celda 16 de oxidación tal como se muestra y/o bien en una trayectoria 36 de flujo de salida que se desplaza desde allí. Además, la válvula (V) de control de flujo puede ser eficaz para regular un flujo del fluido 14 a la celda 16 de oxidación y/o para regular un flujo del fluido 14 que sale de la celda 16 de oxidación hasta un grado eficaz para proporcionar la presión elevada deseada dentro de la celda 16 de oxidación.

15 Según otro aspecto, tal como se muestra en la figura 3, los medios 35 de mantenimiento de presión pueden comprender en su lugar o adicionalmente una placa 38 de orificio que puede disponerse dentro de o externamente a la celda 16 de oxidación. En una realización, la placa 38 de orificio puede disponerse en o cerca de una entrada o la trayectoria 36 de flujo de salida (figura 1) para proporcionar la presión elevada dentro de la zona 25 de oxidación de la celda 16 de oxidación. La placa 38 de orificio puede formarse a partir de un material relativamente rígido e inerte tal como un acero inoxidable o un material polimérico. Además, la placa 38 de orificio puede incluir una pluralidad de aberturas 40 en la misma dimensionadas con el fin de aumentar la presión dentro de la zona 25 de oxidación de la celda 16 hasta un grado deseado.

25 Según otro aspecto, los medios 35 de mantenimiento de presión pueden comprender una diferencia de altura entre la celda 16 y el tanque 12, la trayectoria 34 de flujo de entrada y/o la trayectoria 36 de flujo de salida, la cual proporciona algo de o toda la presión deseada a la celda 16. En una realización, por ejemplo, puede proporcionarse una presión elevada dentro de la zona 25 de oxidación de la celda 16 ajustando la altura de la celda 16 de oxidación hasta un grado deseado en relación con el tanque 12, la trayectoria 28 de flujo de entrada y/o la trayectoria 30 de flujo de salida. En una realización particular, por ejemplo, puede utilizarse una presión del cabezal del tanque 12 para proporcionar la presión deseada en la celda 16. Como ejemplo, en una realización, cada pie del cabezal del tanque 12 ejerce aproximadamente 0,43 psi (0,03 bar) sobre el reactor. Así que, si un nivel de líquido en el tanque 12 está a una distancia predeterminada, por ejemplo, 60-90 pies (18,3-27,4 m), por encima de la celda 16, entonces puede no ser necesaria una válvula de control ya que la presión del cabezal del tanque 12 puede ser suficiente para proporcionar la presión deseada dentro de la zona 25 de oxidación de la celda 12. Los tanques que son de 20 m de altura no son poco comunes, y por tanto tales tanques pueden incluir una altura de cabezal suficiente para ejecutar el sistema 10 sin una válvula de control.

35 Se aprecia que los caudales, y similares pueden modificarse de forma que el fluido 14 se trata hasta un punto deseado dentro de la celda. En una realización, el fluido 14 se hace pasar varias veces a través de la celda. Como tal, después de cualquier ciclo de tratamiento dado dentro de la celda 16, el fluido tratado resultante puede recircularse de vuelta al tanque 12 tal como se muestra en la figura 1 para el tratamiento del mismo mediante el sistema 10, o puede suministrarse de otro modo a otro procedimiento aguas arriba, y/o de otra manera puede salir del sistema para tratamiento, almacenamiento, transporte o eliminación adicional.

45 En los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento, se aprecia que una o más entradas, rutas, salidas, bombas, válvulas, refrigerantes, fuentes de energía, sensores de flujo o controladores (por ejemplo, que comprenden un microprocesador, un elemento de entrada, un elemento de salida y una memoria), o similares pueden incluirse en cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento para facilitar la introducción, salida, temporización, volumen, selección y dirección de los flujos de cualquiera de los materiales en los mismos. Además, se aprecia que el experto en la técnica entenderá los volúmenes, caudales y otros parámetros necesarios para lograr el/los resultado(s) deseado(s).

55 La función y las ventajas de estas y otras realizaciones de la presente invención se entenderán más completamente a partir de los ejemplos siguientes. Se desea que estos ejemplos sean de naturaleza ilustrativa y no se considera que sean limitativos del alcance de la invención.

Ejemplos

Ejemplo 1

60 En referencia a la figura 4 y la tabla 1 a continuación, se mostró que el consumo de energía de una celda de oxidación a modo de ejemplo se redujo en aproximadamente un 25% aumentando la presión en la celda de desde ≤ 10 psi hasta 20-45 psi (de ≤ 0,69 bar a 1,38-3,10 bar). Para demostrar esto, se llevó a cabo una serie de pruebas usando una disolución de citrato de sodio/bicarbonato de sodio. Se evaluó el consumo de energía de la celda de electrooxidación en condiciones de presión alta y baja a diversos caudales. La temperatura de la disolución se mantuvo a 45°C. Para las condiciones de presión baja, la presión se mantuvo a presiones por debajo de 10 psi

ES 2 759 623 T3

5 (0,69 bar) en la entrada del reactor, y no existió contrapresión en la salida del reactor. La única excepción fue para el caudal de 55 gpm (3,47 l/s) el cual tenía una presión de entrada de 20 psi (1,38 bar) debida a la presión creada mediante la celda. Para las condiciones de presión alta, la presión se mantuvo entre 20-45 psi (1,38-3,10 bar) en la entrada del reactor. Esta presión se mantuvo controlando la presión en la salida del reactor usando una válvula de control manual. La presión de salida varió mediante el caudal, pero generalmente la caída de presión a través del reactor fue de 5-10 psi (0,35-0,69 bar) para los flujos sometidos a prueba. Los resultados fueron tal como sigue:

Tabla 1

Caudal (gpm, l/s)	Presión (psi, bar)	Amperios	Voltios	kW
34,7, 2,19	42,1, 2,90	375	85	31,9
33,1, 2,09	38,2, 2,63	375	86	32,3
30,0, 1,89	30,7, 2,12	375	88	33,0
25,0, 1,58	20,9, 1,44	375	94	35,3
24,7, 1,56	4,6, 0,32	358	120	43,0
30,0, 1,89	6,5, 0,45	370	120	44,4
34,5, 2,18	8,7, 0,60	375	110	41,3
55,0, 3,47	20,2, 1,39	375	91	34,1

10 Aunque se han mostrado y descrito diversas realizaciones de la presente invención en el presente documento, será obvio que tales realizaciones se proporcionan sólo como ejemplo. Pueden realizarse numerosas variaciones, cambios y sustituciones sin apartarse de la invención en el presente documento.

15

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para tratar un fluido (14) que comprende al menos un componente oxidable, que comprende:
 - 5 suministrar el fluido (14) a una celda (16) de electrooxidación para el tratamiento del al menos un componente orgánico oxidable;
 - 10 aumentar la presión dentro de una zona (25) de electrooxidación de la celda (16) de electrooxidación para proporcionar una presión elevada de al menos 0,69 bar (10 psi); y
 - 15 oxidar el componente oxidable dentro de la celda (16) de electrooxidación a la presión;
 - 20 en el que la oxidación se realiza a una densidad de corriente de desde 10.000 A/m² hasta 40.000 A/m²; y
 - 25 en el que la celda (16) de electrooxidación comprende al menos un ánodo (24), un cátodo (26), un electrodo (22) bipolar entre el ánodo (24) y el cátodo (26), y una fuente (18) de alimentación para la celda (16), comprendiendo adicionalmente el electrodo (22) bipolar un material de diamante dopado con un material dopante conductor.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la presión elevada es de desde 0,69 bar (10 psi) hasta 3,45 bar (50 psi).
3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la presión elevada es de desde 1,38 bar (20 psi) hasta 3,10 bar (45 psi).
4. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la oxidación se realiza a una densidad de corriente de desde 25.000 A/m² hasta 35.000 A/m².
5. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el material dopante se selecciona del grupo que consiste en litio, berilio, nitrógeno, fósforo, azufre, cloro, arsénico, selenio y boro.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el que el material dopante comprende boro.
7. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la presión creciente dentro de la celda (16) de electrooxidación se realiza mediante al menos uno de:
 - 35 proporcionar una placa (38) de orificio que tiene una pluralidad de aberturas (40) dentro de una trayectoria (34, 36) de flujo del fluido (14);
 - 40 regular un flujo del fluido (14) con una válvula (V) de control de flujo en una entrada o una salida para la celda (16) de electrooxidación; o
 - 45 aumentar una altura de una fuente del fluido (14) en relación con una trayectoria de flujo que conduce hasta y desde la celda (16) de electrooxidación una altura de una fuente del fluido (14) o hasta la celda (16).
8. Sistema (10) para tratar un fluido (14) que comprende al menos un componente oxidable, que comprende:
 - 50 una fuente (12) del fluido (14) que comprende al menos un componente orgánico oxidable;
 - 55 una celda (16) de electrooxidación para el tratamiento del al menos un componente oxidable en la misma, en el que la celda (16) de electrooxidación comprende al menos un ánodo (24), un cátodo (26), al menos un electrodo (22) bipolar entre el ánodo (24) y el cátodo (26), una fuente (18) de alimentación para la celda (16) de electrooxidación, y una zona (25) de electrooxidación dentro de la cual tiene lugar la electrooxidación, en el que la celda (16) de electrooxidación está configurada para hacerse funcionar a una densidad de corriente de 10.000 A/m² y 40.000 A/m², y en el que el al menos un electrodo (22) bipolar comprende un material de diamante dopado con un material dopante conductor;
 - 60 una bomba (P) para suministrar el fluido (14) desde la fuente (12) hasta la celda (16) de electrooxidación; y
 - 65 medios (35) para mantener una presión dentro de la zona (25) de electrooxidación a una presión elevada de al menos 0,69 bar (10 psi).
9. Sistema según la reivindicación 8, en el que la presión es de desde 0,69 bar (10 psi) hasta 3,45 bar (50 psi).
10. Sistema según la reivindicación 8, en el que la presión es de desde 1,38 bar (20 psi) hasta 3,10 bar (45 psi).

ES 2 759 623 T3

11. Sistema según la reivindicación 8, en el que el material dopante se selecciona del grupo que consiste en litio, berilio, nitrógeno, fósforo, azufre, cloro, arsénico, selenio y boro.
- 5 12. Sistema según la reivindicación 8, en el que los medios (35) para mantener una presión comprenden una placa (38) de orificio que tiene una pluralidad de aberturas (40) dispuestas en una trayectoria de flujo del fluido (14).
- 10 13. Sistema según la reivindicación 8, en el que los medios (35) para mantener una presión comprenden una o más válvulas (V) de control de flujo en una entrada o una salida para la celda (16) de electrooxidación.

FIG. 1

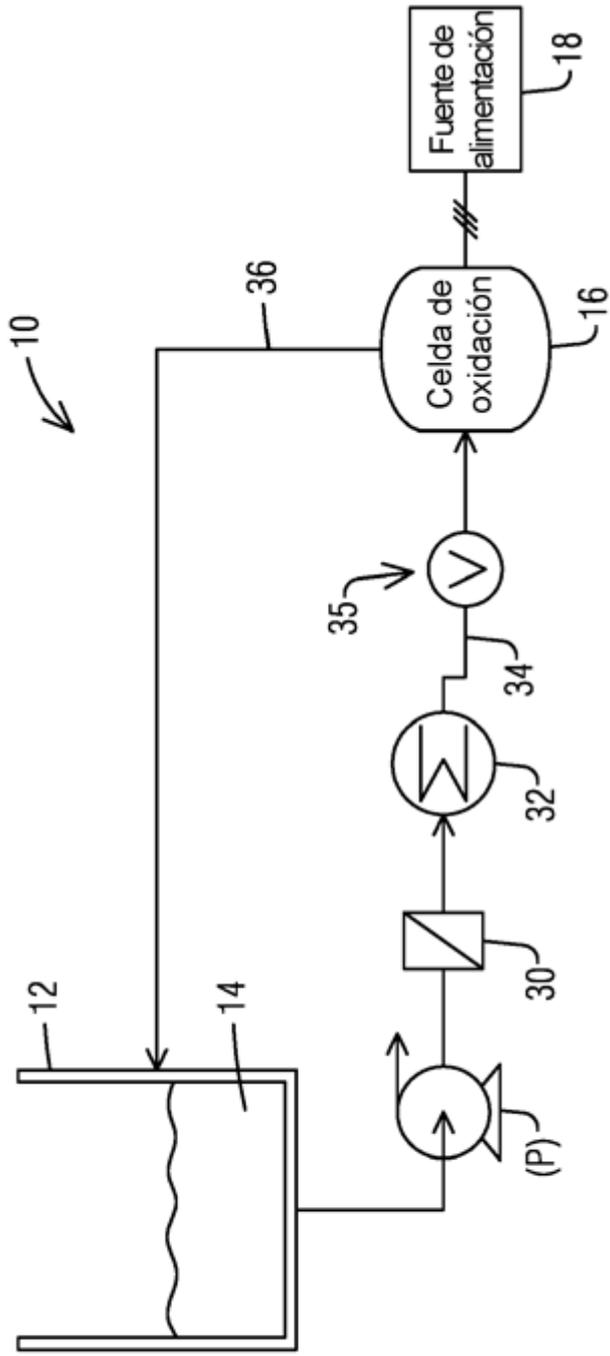


FIG. 2

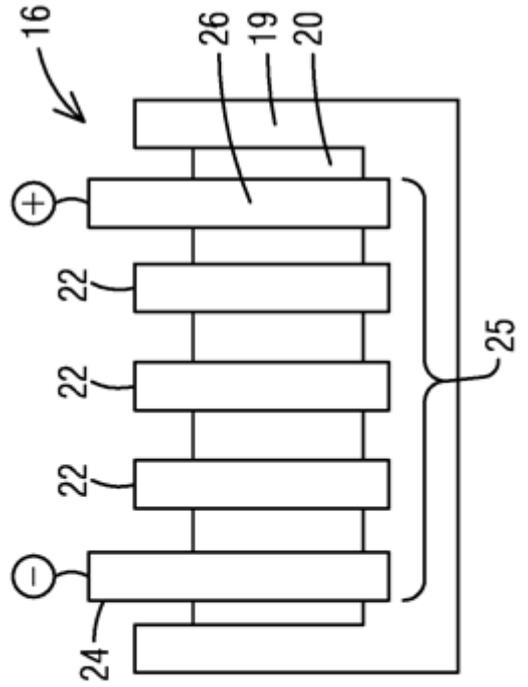


FIG. 3

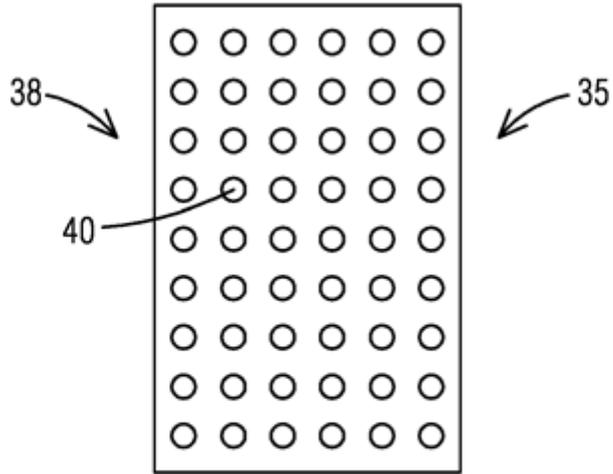


FIG. 4

