

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 380 004**

51 Int. Cl.:

**C02F 1/28** (2006.01)

**C02F 1/461** (2006.01)

**B01J 20/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07732580 .1**

96 Fecha de presentación: **25.04.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2029489**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.03.2009**

54 Título: **Aparato para la regeneración electroquímica de absorbentes**

30 Prioridad:  
**28.04.2006 GB 0608352**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**07.05.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**07.05.2012**

73 Titular/es:  
**ARVIA TECHNOLOGY LIMITED  
CORE TECHNOLOGY FACILITY 46 GRAFTON  
STREET  
MANCHESTER M13 9NT, GB**

72 Inventor/es:  
**BROWN, Nigel, Willis;  
ROBERTS, Edward, P. L. y  
ECCLESTON, Amy, Jane**

74 Agente/Representante:  
**de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 380 004 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

Aparato para la regeneración electroquímica de adsorbentes

Esta invención se refiere al tratamiento de líquido contaminado por contacto con un material adsorbente. La invención tiene aplicación particular, aunque no exclusiva, en el tratamiento de líquidos para eliminar contaminantes orgánicos. Aunque la invención tiene uso particular en la oxidación anódica de compuestos orgánicos, también puede usarse para la reducción catódica de compuestos. También puede usarse para desinfección.

Los materiales adsorbentes se usan normalmente en aparatos de tratamiento líquido. Dichos materiales basados en carbono son particularmente útiles, y son capaces de regeneración mediante el paso de una corriente eléctrica a su través. El documento US 5.443.700 describe un método y un aparato para tratar las aguas residuales por contacto con adsorbente granular seguido por reactivación del adsorbente mediante el paso de una corriente eléctrica a través del adsorbente. En una realización, el aparato emplea cámaras de adsorción y regeneración físicamente separadas, mientras que en otra realización, la adsorción y regeneración tienen lugar en la misma cámara. En ambas realizaciones, sin embargo, la adsorción y la regeneración se llevan a cabo por cargas usando un lecho estacionario de material adsorbente. El uso de adsorbentes basados en carbono en el tratamiento de agua contaminada se describe en los siguientes documentos publicados por El Instituto de Ciencias y Tecnología de la Universidad de Manchester (actualmente la Universidad de Manchester) en 2004:

Electrochemical regeneration of a carbon-base adsorbent loaded with crystal violet dye por N W Brown, E P L Roberts, A A Garforth y R A W Dryfe *Electrochimica Acta* 49 (2004) 3269-3281.

Atrazine removal using adsorption and electrochemical regeneration por N W Brown, E P L Roberts, A Chasiotis, T Cherdron y N Sanghrajka *Water Research* 39 (2004) 3067-3074.

La presente invención proporciona un aparato y un método como se define en las reivindicaciones 1 y 18 respectivamente como se propone debajo. En el uso, puede aplicarse un voltaje entre los electrodos, de forma o bien continua o intermitente, para pasar corriente a través del material adsorbente y regenerarlo de la manera descrita en los documentos referidos anteriormente. El material adsorbente se basa típicamente en carbono.

El proceso de tratamiento y regeneración puede ser continuo o semi-continuo. Un volumen individual de líquido puede tratarse como una carga, con el material adsorbente regenerándose mientras la respectiva carga se trata, o entre tratamientos de carga. Algunos compuestos pueden tratarse además en una celda no dividida, con tal que no haya conexión eléctrica continua entre el cátodo y el ánodo a través del sólido que conduce el material adsorbente. En un proceso continuo o semi-continuo, el caudal del líquido a través del aparato se determina y se controla para asegurar un tiempo de permanencia suficiente en contacto con el adsorbente de reciclado.

El aparato de la invención puede usarse con una única cámara de regeneración, o con una pluralidad de cámaras de regeneración en equipo más sustancial. Dicha pluralidad de cámaras puede estar en forma de un banco montado en un depósito común, que puede acomodar la circulación del material adsorbente solo a partir de cualquier lado de las cámaras con las cámaras estrechamente alineadas a lo largo de un eje del depósito y que se extienden a las paredes finales opuestas del depósito. En otra disposición el banco puede acomodar la circulación desde los lados y extremos de un banco de cámaras estrechamente alineadas dentro del depósito y separadas de sus paredes finales. En aún otra disposición la circulación puede ser desde alrededor de la periferia de cada cámara separada de las cámaras adyacentes en el depósito. El uso de un depósito común de esta forma facilita el reciclado del material adsorbente y el flujo de líquido a través del equipo en mayores cantidades. Puede usarse una entrada y salida común para el líquido a tratar, y puede usarse un sistema sencillo para reciclar el adsorbente. Aunque las cámaras están dispuestas en un banco, los electrodos individuales se asociarán normalmente con cada cámara para la regeneración del adsorbente.

En el aparato según la invención, el material adsorbente puede reciclarse a lo largo de una variedad de diferentes rutas, al menos una parte de las cuales coincidirán con la ruta del líquido a tratar a través del depósito. En esa parte, el líquido y el adsorbente pueden pasar tanto en la misma dirección como en la contraria. Normalmente, el líquido contaminante se repartirá en la base del depósito, y se descargará desde una posición superior, mientras que el material adsorbente sigue al menos una ruta continua dentro del depósito.

El reciclado del adsorbente se consigue fácilmente mediante el reparto de aire a la base o una o más secciones de la ruta que lleva el material hacia arriba en esa sección o secciones. Este movimiento lleva el material sobre un límite en lo alto de la cámara de regeneración, en el que cae después por gravedad. Mientras se mueve a través de la cámara de regeneración, el voltaje aplicado provoca una corriente que fluye a través de los materiales, destruyendo los contaminantes adsorbidos. Los productos de degradación pueden liberarse en forma gaseosa, y tratarse separadamente de la forma apropiada.

El uso de aire para reciclar el material adsorbente es, por supuesto, beneficioso en sí mismo para el proceso de tratamiento. Aire el líquido contaminado, además de agitar el material adsorbente mientras se recicla, mejorando de este modo su exposición al líquido contaminado. También puede usarse el líquido entrante para arrastrar y ayudar en la circulación del adsorbente desde el fondo de la cámara de regeneración. Esto puede ser beneficioso cuando

se tratan líquidos que contiene compuestos tensioactivos que podrían dar por resultado la formación de espuma. Por supuesto, pueden usarse diferentes fluidos para realizar diferentes tratamientos de diversos líquidos en el aparato.

La ruta de reciclado para el material adsorbente y la cámara de regeneración pueden disponerse de forma diferente en un depósito, dependiendo de las necesidades para los líquidos a tratar, el tiempo de contacto de los líquidos a tratar y la cantidad de material al que debería exponerse el líquido. En una disposición preferida, la cámara de regeneración está situada de forma centralizada en un dispositivo, adaptándose el material adsorbente a caer a través de ella, y reciclarse hacia arriba en el depósito y a través del líquido a tratar en el exterior de la cámara. Un diseño conveniente del aparato tiene la cámara de regeneración situada entre dos cámaras de tratamiento, una a cada lado de la misma, en que es de forma eficaz una disposición bidimensional. Los electrodos para la cámara de regeneración pueden disponerse entonces en las caras contrarias de la misma, siendo estas caras diferentes de los lados frente a los que se definen las cámaras de tratamiento. Esta disposición sin embargo, puede extenderse por supuesto a tres dimensiones estando la cámara de regeneración rodeada por una pluralidad de cámaras de tratamiento. Estas disposiciones pueden además estar invertidas, con una única cámara de tratamiento situada en disposición central o bien dentro de una cámara de regeneración anular, o rodeada por una serie de cámaras de regeneración.

Los materiales adsorbentes adecuados para usar en esta invención son materiales sólidos eléctricamente conductores capaces de una fácil separación de la fase líquida. El material puede usarse en forma de polvo, copo o granular. Mientras que el tamaño de partícula no sea crítico, el tamaño óptico dependerá de las propiedades adsorbentes. El material usado y particularmente el tamaño de partícula es un compromiso entre el área superficial, la conductividad eléctrica y la facilidad de separación. Los materiales preferidos son compuestos de intercalado de grafito (GICs). Un GIC particularmente preferido es producto intercalado de bi-sulfato. Puede formarse tratando de forma química o electroquímica copos de grafito en condiciones oxidantes en presencia de ácido sulfúrico. Sin embargo, un gran número de materiales GIC diferentes se han fabricado y diferentes materiales tendrán diferentes propiedades adsorbentes que serán un factor en la selección de un material particular.

La reducción del tamaño de partícula del material adsorbente aumentará significativamente el área superficial disponible para la adsorción. Sin embargo, la reducción del tamaño de partícula hará más difícil la separación de la fase sólida. En la práctica de la invención, un tamaño de partícula típico es 0,25-0,75 mm. Pueden usarse partículas muy finas (< 50 micras) como el material adsorbente ya que éstas pueden separarse de la fase líquida fácilmente si se usa un polímero orgánico como un floculante. Este floculante orgánico se destruye entonces por regeneración. El uso de otros materiales de menor conductividad eléctrica y densidad se aprovecharía de partículas mayores.

Cuanto mayor sea la conductividad eléctrica del material adsorbente, menor será el voltaje necesario a través de la celda y por lo tanto, menor consumo de energía. Las partículas GIC individuales típicas tendrán conductividades eléctricas en exceso de  $10.000 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ . Sin embargo, en un lecho de partículas ésta será significativamente menor ya que habrá resistencia en el límite partícula/partícula. Por tanto, es deseable usar una partícula tan grande como sea posible para mantener la resistencia tan baja como sea posible. Por lo tanto, se ha mostrado que un lecho de partículas húmedas finas tiene una conductividad eléctrica de  $0,16 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$  en comparación con  $0,32 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$  para un lecho de partículas mayores. Como comparación, un lecho de carbono activo granular y en polvo tendría típicamente conductividades eléctricas de  $0,025$  y  $0,012 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$  respectivamente.

El GIC preferido usado en la práctica de la invención es en forma de copo, y tiene típicamente una composición de al menos 95% de carbono, y una densidad de alrededor de  $2,225 \text{ g cm}^{-3}$ . Sin embargo, los carbonos en copo pueden usarse como los materiales de partida para producir GICs con contenidos de carbono significativamente menores (80% o menos). Estos compuestos también pueden usarse dentro de la celda, aunque es probable que den por resultado voltajes ligeramente mayores a través de la etapa de regeneración electroquímica. Otros elementos también estarán presentes en el GIC, estos compuestos son dependientes de la composición inicial del grafito en copos y los compuestos químicos usados para convertir los copos en forma intercalada. Diferentes fuentes de grafito pueden producir GICs con diferentes propiedades adsorbentes.

Las realizaciones de la invención se describirán ahora por medio del ejemplo y con referencia a los dibujos esquemáticos que las acompañan en donde:

La Figura 1 es una sección de corte vertical a través del aparato según una primera realización de la invención;

La Figura 2 es una sección de corte horizontal tomada en la línea A-A de la Figura 1; y

La Figura 3 es una vista en perspectiva, parcialmente rota, que ilustra una segunda realización de la invención.

Los dibujos muestran un depósito 2 de sección de corte generalmente rectangular definida por las paredes frontal y posterior 4 y 6, y paredes laterales 8. En el depósito, las paredes internas 10 definen una cámara de regeneración que se extiende a la anchura total del depósito entre las paredes frontal y posterior 4 y 6 (Figura 2). La base de la cámara de regeneración se define mediante las paredes convergentes 12, que forman una abertura 14 para la descarga de material adsorbente en partículas 16 desde la cámara de regeneración. Las paredes superiores 18 definen una zona central sobre la cámara de regeneración.

5 Cuando el aparato está listo para su uso, se carga un material adsorbente en la cámara de regeneración 10 en la cantidad necesaria. El líquido a tratar se reparte entonces en el depósito a través de las entradas 20, y se rellena a un nivel justo debajo del de la salida de descarga 22 entre las paredes superiores 18. Se reparte entonces aire a presión a través de las aberturas en la base del depósito como se indica en 24. Esto genera burbujas en el líquido, y tira del material adsorbente en partículas desde debajo de la abertura 14 al fondo de la cámara de regeneración, y lo lleva hacia arriba a través de las cámaras de tratamiento 26 definidas en el depósito entre las respectivas paredes 8 y 10. Mientras el material adsorbente se lleva hacia arriba a través del líquido, absorbe contaminantes en el líquido. El aire ascendente lleva al material adsorbente alrededor y por encima de la parte superior de las paredes 10, donde se dirige por las paredes 18 de vuelta a la cámara de regeneración. Los obstáculos 28 y 30 se instalan en lo alto de la cámara de regeneración para controlar el flujo de las fases sólida, líquida y gaseosa en el depósito. Pueden romper cualquier partícula coagulada y guiarlas a la cámara. Sirven además para disuadir a las partículas adsorbentes de entrar a la zona entre las paredes 18, desde donde se descarga el líquido tratado, y evitan que las burbujas generadas en el lecho de materiales adsorbentes en la cámara de regeneración entren en esta zona.

10 El líquido a tratar se reparte en el depósito a través de las entradas 20 a un caudal seleccionado para ajustar su tiempo de residencia necesario en el depósito y para contactar con el material adsorbente lo suficiente para permitir la absorción de contaminantes del mismo. Su flujo general es hacia arriba a través del depósito, y se descarga por desbordamiento a través del puerto 22. Se notará que el líquido solo puede alcanzar el puerto de descarga 22 por el flujo hacia arriba desde lo alto de la cámara de regeneración, entre las paredes 18. Las paredes 18 definen así una zona quiésciente protegida del movimiento generado por el burbujeo de aire a través del líquido en las cámaras de tratamiento.

15 Mientras que se prefiere un flujo generalmente hacia arriba de líquido a tratar, también puede usarse la disposición contraria. Así, el líquido a tratar podría admitirse en los puertos indicados como 32, y retirarse desde los puntos de descarga 34. Se necesitaría alguna forma de filtro en los puntos de descarga por la proximidad del material adsorbente, aunque el aire que fluye hacia arriba desde la base del depósito evitaría bloqueos. La dirección de flujo del líquido a través del depósito se seleccionará, por supuesto, en base a las necesidades del sistema, aunque habría algún beneficio en tener el flujo de líquido generalmente contrario al flujo del material adsorbente en las cámaras de tratamiento. Éste sería el caso si la dirección general de flujo del líquido en el depósito fuera hacia abajo en vez de hacia arriba.

20 Como se anota arriba, el aparato puede usarse para el tratamiento separado de volúmenes individuales de líquido. En esta variante, el depósito se rellena con líquido al nivel necesario, y el material adsorbente se recicla a través de la cámara de regeneración durante un periodo de tiempo apropiado para completar el tratamiento. El líquido se elimina entonces, por ejemplo, mediante drenaje desde el puerto de descarga 34, y una carga fresca de líquido se reparte en el depósito. El material adsorbente normalmente se regenerará mientras se recicla durante el proceso de tratamiento.

25 En el aparato de la invención, el material adsorbente se regenera de forma continua o intermitente mientras pasa a través de la cámara de regeneración en su ruta de reciclado. Esto se consigue mediante la aplicación de un voltaje eléctrico entre un ánodo 36 y un cátodo 38 dispuestos en caras opuestas de la cámara 16. Los contaminantes se liberan por el material adsorbente de regeneración en forma gaseosa, desde lo alto del depósito. Estos gases liberados pueden descargarse a la atmósfera, aunque por supuesto pueden someterse a tratamiento separado si se necesita. El cátodo se aloja en un compartimiento separado 42 definido por una membrana conductora 40. Esto permite que se bombee un catolito a través del compartimiento, y la membrana protege el cátodo del contacto directo con el material adsorbente.

30 El propósito de la membrana 40 es evitar que las partículas sólidas de adsorbente entren en contacto con el cátodo 38 ya que esto podría dar por resultado que los electrones fueran directos del cátodo 38 al ánodo 36 sin pasar a través de la fase acuosa. En este caso no habría oxidación orgánica y no habría regeneración del adsorbente. La membrana 40 debe permitir la transferencia de iones o electrones a su través para completar el circuito eléctrico. Sin embargo, esto introduce una resistencia adicional en el sistema. Dichas membranas además sólo operan bien a ciertos niveles de pH. En este caso, la oxidación del agua en el lado del ánodo (dando condiciones ácidas) y la reducción del agua en el lado del cátodo (dando condiciones alcalinas) necesita un ajuste de pH para mantener la membrana funcionando con un voltaje aceptable. En la práctica, este necesita que el catolito se monitorice y se ajuste para mantenerlo ácido, por ejemplo, mediante la adición constante de ácido, que es indeseable, el bombeo del catolito a través de los compartimientos del cátodo, y equipo adecuado de monitorización y ajuste de pH que implica tanques, bombas y sondas, que provoca costes de capital, operación y mantenimiento adicionales.

35 Una alternativa al uso de una membrana conductora es el uso de un filtro poroso. Esto evitaría el contacto del sólido con el cátodo, aunque permite el paso de agua e iones. La reducción constante de agua en el cátodo daría por resultado que el catolito se volviera más alcalino, dando una mayor conductividad y menores voltajes de celda.

40 La Figura 3 ilustra una segunda realización de la invención en que una pluralidad de cámaras de regeneración 44 se monta en forma de un banco 46 en un depósito 48. Las cámaras 44 están estrechamente alineadas, y se extienden a las paredes finales opuestas 50 del depósito (solo se muestra una pared final). Las paredes 52 de las cámaras de regeneración se extienden hacia arriba y de forma lateral desde las cámaras en sí mismas en forma de placas 54

que ayudan en la guía de la mezcla circulante de partículas y líquido en las cámaras de regeneración. Las paredes 56 adicionales se proporcionan como guías adicionales para la mezcla de recirculación, y definen una zona quiésciente desde la que se descarga líquido por desbordamiento a través del puerto de salida 58.

5 La circulación del material adsorbente en la mezcla se alcanza por el reparto de aire a presión a los conductos 60 en cualquier lado del banco 46. El aire se libera desde las aberturas (no se muestran) en los conductos 60, que se elevan hacia arriba y a lo largo de la superficie externa de las placas 54. Pueden ajustarse placas 62 adicionales para guiar al material en partículas de vuelta hacia la entrada del banco 46 de las cámaras de regeneración 44, entre las placas 54 y las paredes 56.

10 El líquido a tratar se introduce en el depósito 48 a través de las tuberías 64. Puede usarse una pluralidad de salidas desde la tubería en el depósito. Se apreciará que la orientación actual y relativa de los conductos 60 y las tuberías 64 dentro del depósito puede seleccionarse como el tamaño, posición y orientación de las placas y las paredes 54, 56 y 62, para alcanzar la circulación deseada del material adsorbente.

15 En la disposición ilustrada en la Figura 3, las cámaras de regeneración 44 están estrechamente alineadas juntas, esencialmente en contacto con la otra y con las cámaras finales esencialmente colindantes contra una pared final del depósito 48. Esta disposición da por resultado un movimiento predecible del material adsorbente, generalmente en rutas circulares en ambos lados del eje del depósito. Sin embargo, puede haber algún mérito en la creación de huecos entre las cámaras de regeneración que permiten a algún material adsorbente recircular sin pasar a través de la cámara de regeneración. En aún otra disposición, las cámaras de regeneración no necesitan alinearse, aunque se montan preferiblemente de forma individual en diferentes posiciones en el depósito.

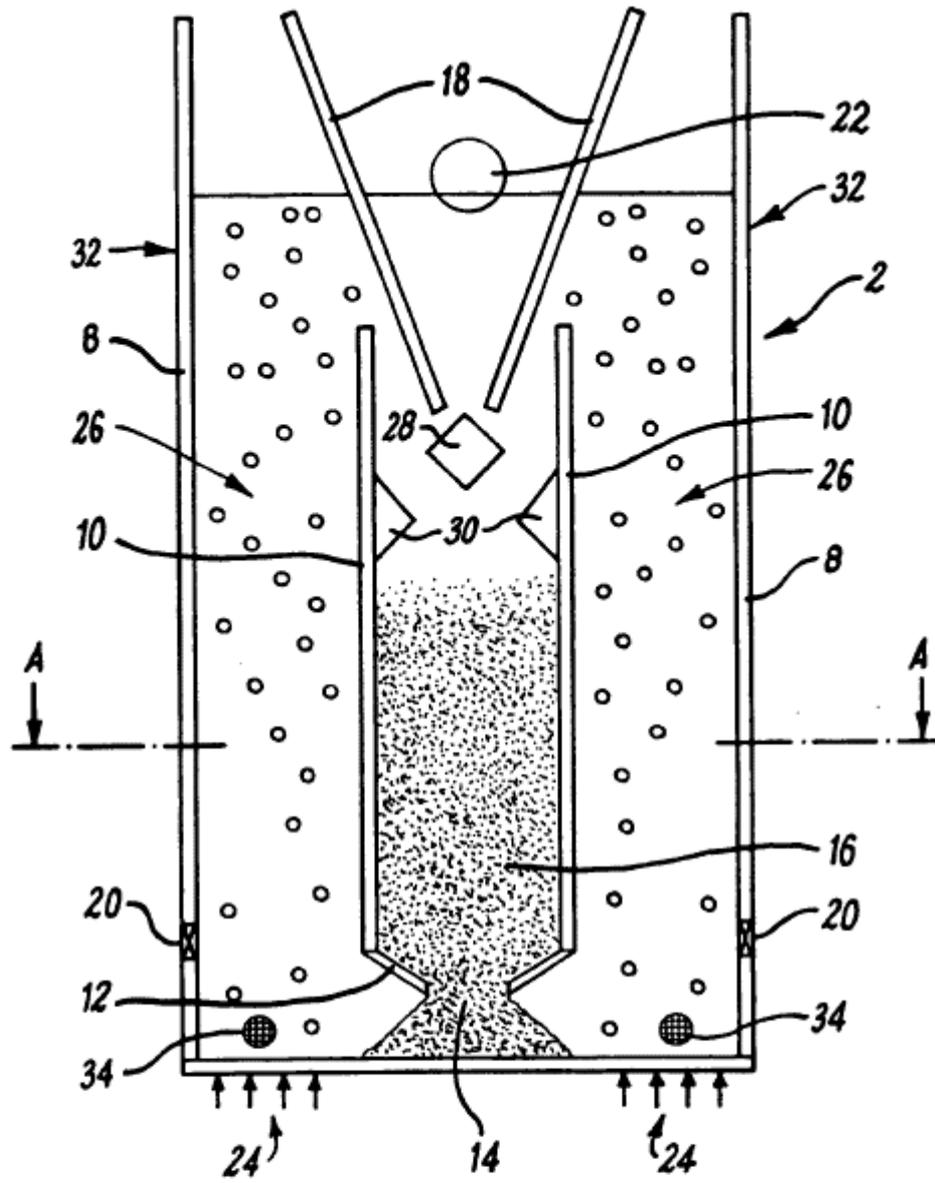
20 En el aparato ilustrado en la Figura 3, el material adsorbente se regenera mientras pasa a través de cada cámara de regeneración en su ruta de reciclado, generalmente como se describe arriba con referencia a la Figura 2. El ánodo y el cátodo sin embargo, estarán dispuestos normalmente en el extremo inferior de las paredes laterales 52 de la cámara de regeneración para evitar la interferencia con la regeneración en cámaras adyacentes.

## REIVINDICACIONES

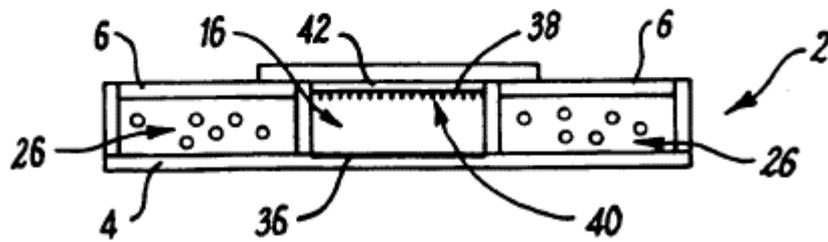
- 5 1. El aparato para tratar líquido por contacto con un material adsorbente (16) en partículas, que comprende un depósito (2; 48) para tratar el líquido; una cámara de regeneración (10; 44) en el depósito, y medios (24) para reciclar el material adsorbente a lo largo de una ruta que incluye el paso a través de la cámara de regeneración y en un cuerpo de líquido en el depósito, en donde el material adsorbente es capaz de regeneración, y la cámara de regeneración se define entre dos electrodos (36, 38) para acoplar a una fuente de energía eléctrica, en donde la ruta de reciclado para el material adsorbente comprende la cámara de regeneración y al menos una cámara (26) de tratamiento adyacente en el depósito, cuyas cámaras definen esencialmente secciones paralelas de la ruta de reciclado, y además en donde los medios de reciclado comprenden medios para repartir aire a presión a la base del depósito para mover el material adsorbente a lo largo de la ruta de reciclado.
- 10 2. El aparato según la reivindicación 1, que incluye medios para mover el líquido a través del depósito desde una entrada (32) y a una salida (34; 58) desde el depósito.
- 15 3. El aparato según la reivindicación 2, en donde el depósito y la cámara definen al menos una ruta final para reciclar material adsorbente y una ruta para el líquido desde la entrada a la salida de la que una parte coincide con una parte de la ruta final para llevar el líquido y el adsorbente a lo largo de la misma dirección.
4. El aparato según la reivindicación 2, en donde el depósito y la cámara definen al menos una ruta final para reciclar material adsorbente y una ruta para el líquido desde la entrada a la salida de la que una parte coincide con una parte de la ruta final para llevar el líquido y el adsorbente a lo largo de la dirección opuesta.
- 20 5. El aparato según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en donde la entrada para el líquido a tratar está en la base del depósito, mientras que la salida para el líquido está en una posición superior en el depósito.
6. El aparato según la reivindicación 5, en donde la salida para el líquido del depósito se dispone respecto a la ruta del material adsorbente de reciclado por estar de forma vertical por encima de dicha ruta cuando el aparato está en uso.
- 25 7. El aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la cámara de regeneración se define entre un ánodo (36) y un cátodo (38), y en donde al menos el cátodo está protegido del líquido y el material en partículas en la cámara mediante una membrana conductora (40).
8. El aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el cátodo está alojado en un compartimiento (42) separado en el depósito.
- 30 9. El aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en que se monta una pluralidad de cámaras de regeneración en un depósito común.
10. El aparato según la reivindicación 9, en donde las cámaras de regeneración están dispuestas en un banco (46) de cámaras alineadas a lo largo de un eje del depósito.
11. El aparato según la reivindicación 10, en donde las cámaras se alinean estrechamente y se extienden a las paredes finales (50) opuestas del depósito.
- 35 12. El aparato según la reivindicación 1, en donde la cámara de regeneración está dispuesta entre dos cámaras de tratamiento.
13. El aparato según la reivindicación 1, en donde la cámara de regeneración está rodeada por una pluralidad de cámaras de tratamiento.
- 40 14. El aparato según la reivindicación 1, que incluye dos cámaras de regeneración, una a cada lado de una cámara de tratamiento.
15. El aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la cámara de regeneración está dispuesta para formar una parte de la ruta de reciclado en que el material adsorbente se mueve de forma vertical hacia abajo.
- 45 16. El aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye un material adsorbente (16) en partículas eléctricamente conductor.
17. El aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores que incluye un material adsorbente (16) en partículas con base de carbono.
- 50 18. Un método para tratar líquido con un material adsorbente (16) con base de carbono en partículas que comprende pasar el líquido a través de un depósito (2; 48) que contiene el material adsorbente mientras se recicla el material adsorbente a lo largo de la ruta que incluye el paso a través de la cámara de regeneración (10; 44) en el depósito, y aplicar un voltaje para pasar una corriente eléctrica a través del material adsorbente en la cámara para regenerarlo

mientras se recicla a su través, en donde la ruta de reciclado para el material adsorbente comprende la cámara de regeneración y al menos una cámara de tratamiento (26) adyacente en el depósito, cuyas cámaras definen esencialmente secciones paralelas de la ruta de reciclado, y además en donde se reparte aire (24) a presión a la base del depósito para mover el material adsorbente a lo largo de la ruta de reciclado.

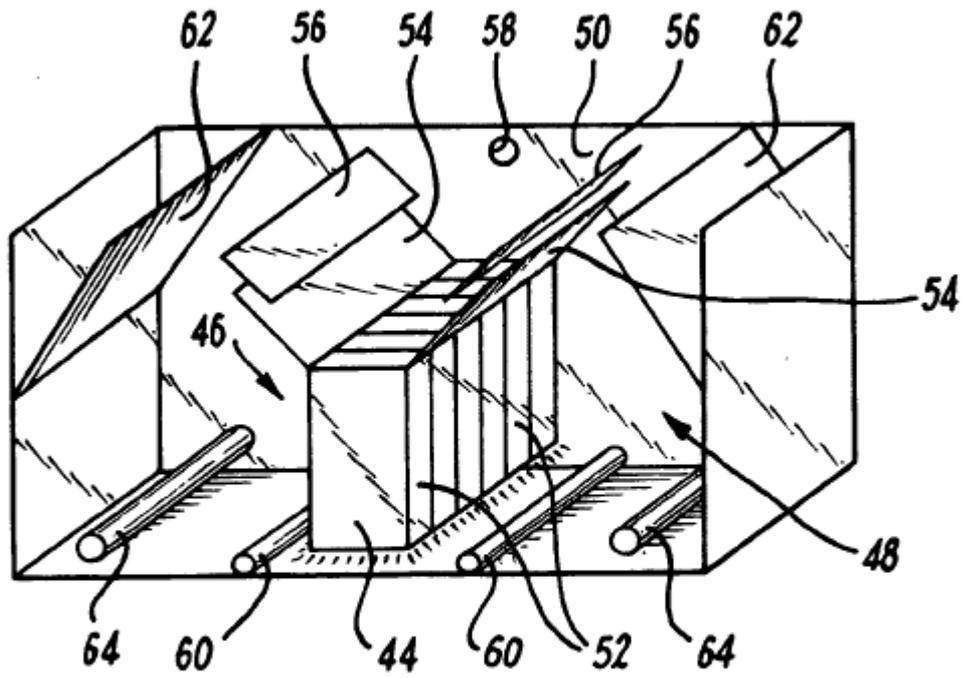
- 5 19. Un método según la reivindicación 18, usando el aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17.



**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG. 3**