



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 347 691**

51 Int. Cl.:
C02F 1/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06809474 .7**

96 Fecha de presentación : **02.10.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1931600**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.06.2008**

54 Título: **Filtros de agua y métodos que incorporan partículas de carbón activado y nanofilamentos de carbón en superficie.**

30 Prioridad: **07.10.2005 US 246372**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.11.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.11.2010

73 Titular/es:
PUR WATER PURIFICATION PRODUCTS Inc.
One Procter & Gamble Plaza
Cincinnati, Ohio 45202, US

72 Inventor/es: **Mitchell, Michael, Donovan y**
Collias, Dimitris, Ioannis

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 347 691 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

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a filtros de agua, y específicamente se refiere a filtros de agua que emplean material de filtro que comprende partículas de carbón activado y nanofilamentos de carbón en la superficie de la partícula, y métodos de crear y utilizar los mismos. Más específicamente, los filtros de agua están dirigidos a eliminar los contaminantes de una corriente de agua para proporcionar agua potable.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

El agua puede contener numerosos tipos de contaminantes incluyendo, por ejemplo, materiales en forma de partículas, sustancias químicas nocivas u organismos microbiológicos tales como bacterias, parásitos, protozoos y virus. En diferentes circunstancias estos contaminantes deben ser eliminados para poder utilizar el agua. Por ejemplo, en muchas aplicaciones médicas y en la fabricación de ciertos componentes electrónicos se requiere agua extremadamente pura. Un ejemplo más común es cuando en el agua debe eliminarse cualquier contaminante nocivo antes de poder considerarla como potable, es decir, lista para el consumo. A pesar de los modernos medios de purificación del agua, esta representa un riesgo para la población en general y en particular, en el caso de los bebés y las personas con un sistema inmune comprometido, este riesgo es considerable.

En EE.UU. y en otros países desarrollados, el agua tratada municipalmente de forma típica incluye una o más de las siguientes impurezas a varios niveles: sólidos suspendidos, contaminantes químicos, como materia orgánica, y metales pesados, y contaminantes microbiológicos, como bacterias,

30

parásitos y virus. Las averías y otros problemas con los sistemas de tratamiento de aguas en ocasiones llevan a una eliminación incompleta de estos contaminantes. En otros países existen consecuencias mortales asociadas a la exposición al agua contaminada, ya que algunos de estos países tienen densidades de población cada vez mayores, recursos de agua cada vez más escasos y no disponen de servicios para el tratamiento del agua. Es habitual que las fuentes de agua potable estén próximas a los vertederos humanos y animales, de forma que la contaminación microbiológica constituye un importante problema de salud. Como consecuencia de la contaminación microbiológica transportada por el agua, se estima que seis millones de personas mueren cada año, siendo la mitad niños con una edad inferior a 5 años.

La reducción de la concentración de contaminante general en el agua potable se produce en las instalaciones de tratamiento municipales y en hogares con filtros de agua de punto de entrada (POE) y/o punto de uso (POU). Esta reducción en la concentración en los filtros de agua domésticos se consigue mediante filtración mecánica, (es decir, exclusión del tamaño para algunas partículas, parásitos y bacterias), y adsorción (es decir, sustancias químicas, algunas partículas, parásitos, bacterias y virus). Para los filtros de agua domésticos, los niveles de reducción de la concentración dependen del caudal, el volumen del filtro y la forma, los niveles de concentración de influente, y la cinética de captura y la capacidad del medio de filtración. Para los fines de esta invención, la cinética de captura y la capacidad del medio se engloban en el término "eficacia de la captura". Además, si los niveles de reducción de la concentración conseguidos por los filtros de agua domésticos alcanzan los niveles acordados por diversas organizaciones nacionales e internacionales (p. ej., la Agencia de Protección del Medioambiente de EE.UU. (EPA), la Fundación Nacional de

Sanidad (NSF), y la Organización Mundial de la Salud, (WHO)) en protocolos y estándares de prueba pertinentes, estas organizaciones pueden registrar los filtros de agua y llevar los números de registro aplicables. Pruebas y estándares
5 similares se aplican a los filtros de aire.

Por ejemplo, la EPA presentó la "Guía estándar y protocolo para probar purificadores de agua microbiológicos" en 1987. Este protocolo establece los requisitos mínimos con respecto al rendimiento de los sistemas de tratamiento de agua
10 potable que están designados para reducir contaminantes específicos relacionados con la salud en abastecimientos de agua públicos o privados. Los requisitos son que el efluente de una fuente de abastecimiento de agua debe presentar una eliminación del 99,99% (o de forma equivalente, 4 log) de
15 virus y una eliminación del 99,9999% (o de forma equivalente, 6 log) de bacterias frente a una provocación. Según el protocolo EPA, en el caso de virus, la concentración de influente deberá ser de 1×10^7 virus por litro, y en el caso de bacterias, la concentración de influente deberá ser de 1×10^8
20 bacterias por litro. Dada la prevalencia de *Escherichia coli* (bacteria *E. coli*,) en los abastecimientos de agua y los correspondientes riesgos asociados a su consumo, este microorganismo es el que se utiliza como bacteria en la mayoría de los estudios. De forma similar, el bacteriófago MS-
25 2 (o simplemente, MS-2-fago) se utiliza de forma típica como el microorganismo representativo para la eliminación de virus dado que su tamaño y forma (aproximadamente 26 nm e icosaédrica) son similares a los de muchos virus. Por tanto, la capacidad de un filtro para eliminar el bacteriófago MS-2
30 demuestra su capacidad para eliminar otros virus.

Existen protocolos y estándares similares para sustancias químicas y reducciones de concentraciones en forma de

partículas establecidas por la NSF. Por ejemplo, el estándar 42 NSF/ANSI cubre los efectos estéticos de los sistemas POU y POE diseñados para reducir contaminantes no relacionados con la salud o específicamente estéticos, como cloro, sabor y olor, y partículas. De forma similar, el estándar 53 NSF/ANSI cubre los efectos en la salud de los sistemas POU y POE diseñados para reducir los contaminantes específicamente relacionados con la salud, como *Criptosporidio*, *Giardia*, plomo, sustancias químicas orgánicas volátiles (VOC), y metil-terbutiléter (MTBE).

Debido a estos requisitos y a un interés general en mejorar la calidad del agua potable, existe un deseo continuado de proporcionar mejores filtros y materiales para los filtros que puedan eliminar los contaminantes de una corriente de agua, además de un deseo de proporcionar métodos mejorados de crear y utilizar los materiales de filtro, y los filtros que incorporan los materiales de filtro.

SUMARIO DE LA INVENCION

Según una primera realización, se proporciona un filtro para producir agua potable. El filtro comprende una carcasa que incluye una entrada y una salida de agua, y un material de filtro dispuesto dentro de la carcasa. El material de filtro comprende partículas de carbón activado, y una pluralidad de nanofilamentos de carbón dispuestos en la superficie de las partículas de carbón activado. El filtro se puede accionar para proporcionar agua potable eliminando los contaminantes de una corriente de agua líquida que fluya de la entrada de agua a la salida de agua de la carcasa.

Según una segunda realización, se proporciona un método para producir agua potable. El método comprende proporcionar un filtro que comprende una carcasa que incluye una entrada y

una salida de agua, y un material de filtro dispuesto dentro de la carcasa. El material de filtro comprende una pluralidad de nanofilamentos de carbón dispuestos en la superficie de las partículas de carbón activado. El método comprende además el

5 paso de una corriente de agua a través del material de filtro para eliminar los contaminantes y, por consiguiente, producir agua potable.

Según una tercera realización, se proporciona un método de crear un material de filtro para producir agua potable. El

10 método comprende proporcionar partículas de carbón activado, depositar uno o más precursores de nanofilamentos, al menos parcialmente, en la superficie de las partículas de carbón activado, agitar las partículas de carbón activado y los precursores de nanofilamentos depositados en presencia de

15 vapor carbónico, y calentar las partículas de carbón activado y los precursores de nanofilamento depositados en presencia del vapor carbónico a una temperatura y tiempo suficiente para que produzca el material de filtro que comprende las partículas de carbón activado que tienen nanofilamentos de

20 carbón en la superficie de las partículas.

Según una cuarta realización, se proporciona un método de crear un material de filtro para producir agua potable. El método comprende proporcionar partículas de carbón carbonizado, depositar uno o más precursores de

25 nanofilamentos, al menos parcialmente, en la superficie de las partículas de carbón carbonizado, agitar las partículas de carbón carbonizado y los precursores de nanofilamentos depositados en presencia de vapor carbónico, calentar las partículas de carbón carbonizado y los precursores de

30 nanofilamentos depositados en presencia del vapor carbónico a una temperatura y tiempo suficiente para producir nanofilamentos de carbón en la superficie de las partículas de

carbón carbonizado, y activar las partículas de carbón carbonizado calentando o tratando químicamente las partículas carbonizadas y los nanofilamentos de carbón para producir el material de filtro que comprende las partículas de carbón
5 activado que tienen nanofilamentos de carbón en la superficie de las partículas.

Los filtros para producir agua potable, y los métodos de crear y utilizar el material de filtro incorporado en el filtro según la invención son beneficiosos en la eliminación
10 de contaminantes de una corriente de agua. Otras funciones y ventajas proporcionadas por los filtros, los materiales de filtro, y los métodos de la presente invención se comprenderán mejor viendo la siguiente descripción detallada.

15

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Aunque la especificación concluye con reivindicaciones que se refieren de modo particular y reivindican de modo claro la invención, se cree que la presente invención se comprenderá
20 mejor a la vista de la descripción siguiente junto con los dibujos que la acompañan, en donde:

La Fig. 1 es una imagen de un microscopio electrónico de barrido (SEM) de una partícula de carbón activado de un estado de la técnica;

25

La Fig. 2a es una imagen de un SEM de una partícula de carbón activado según una o más realizaciones de la presente invención;

30

La Fig. 2b es otra imagen de un SEM de una partícula de carbón activado según una o más realizaciones de la presente invención;

La Fig. 2c es una imagen de un SEM con un aumento superior de una partícula de carbón activado según una o más realizaciones de la presente invención; y

La Fig. 3 es una vista lateral transversal de un filtro
5 según una o más realizaciones de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

I. Definiciones

10 En la presente memoria, los términos "filtros" y "filtración" hacen referencia a estructuras y mecanismos, respectivamente, asociados con una reducción de la concentración de contaminantes, es decir, contaminantes en forma de partículas, sustancias químicas y microbiológicas,
15 mediante adsorción y/o exclusión de tamaño.

En la presente memoria, la expresión "material de filtro" se refiere a un agregado o colección de partículas de filtro. El agregado o colección de las partículas de filtro que forman un material de filtro puede ser homogéneo o heterogéneo y puede
20 tomar cualquier tipo de forma o formas. Las partículas de filtro pueden estar distribuidas de forma uniforme o no uniforme (p. ej., capas de diferentes partículas de filtro) dentro del material de filtro. Tampoco es necesario que las partículas de filtro que forman un material de filtro sean idénticas en cuanto
25 a forma o tamaño pudiendo estar en forma suelta o interconectada. Por ejemplo, un material de filtro puede comprender partículas de carbón activado con nanofilamentos que hayan crecido en la superficie junto con fibras de carbón activado o partículas de carbón activado mesoporosas y básicas,
30 y estas partículas de filtro pueden estar asociadas de forma suelta o unidas parcial o totalmente por un aglutinante polimérico u otro medio para formar una estructura integrada.

En la presente memoria, la expresión "partícula de filtro" está previsto que se refiera a un elemento o pieza individual utilizado para formar al menos parte de un material de filtro. Por ejemplo, en la presente invención una fibra, un gránulo, una perla, etc. son considerados todos ellos como partículas de filtro. Además, las partículas de filtro pueden variar de tamaño, abarcando desde partículas de filtro impalpables (p. ej., un polvo muy fino) hasta partículas de filtro palpables.

En la presente memoria, el término "nanofilamento" y sus derivados hacen referencia a estructuras sólidas o huecas de carbón con dimensiones laterales (p. ej., diámetro, anchura, o espesor) en el orden de nanómetros (nm) y dimensión longitudinal (p. ej., longitud) de unos pocos nanómetros a cientos de micrómetros (μm), que emanan y sobresalen de las superficies de las partículas de carbón activado. Una lista no limitada de ejemplos de nanofilamentos de la presente invención incluye nanotubos de una pared (SWNT), nanotubos de doble pared (DWNT), nanotubos de pared múltiple (MWNT), nanofibras, nanocintas, nanocuernos, o mezclas de los mismos.

En la presente memoria, el término "contaminante" y sus derivados puede hacer referencia a cualquiera de las 3 categorías siguientes: partículas (p. ej., turbiedad, y partículas inorgánicas insolubles como el carbonato de calcio), sustancias químicas (p. ej., cloro, sabor, olor, VOC, asbesto, atracina, MTBE, arsénico y plomo), organismos microbiológicos (p. ej., bacterias, virus, algas y parásitos), o combinaciones de los mismos. En la presente memoria también se contemplan otros contaminantes.

En la presente memoria, el término "carbonización" y sus derivados está previsto que se refieran a un proceso por el cual las especies sin carbón son reducidas a una sustancia carbonácea.

En la presente memoria, la expresión "activación" y sus derivados está previsto que se refieran a un proceso mediante el cual una sustancia carbonizada se vuelve más porosa.

En la presente memoria, la expresión "partículas
5 activadas" y sus derivados está previsto que se refieran a partículas que han sido sometidas a un proceso de activación.

En la presente memoria, el término "deposición" y sus derivados hacen referencia a procesos que envían partículas o generalmente sustancias a un sustrato. Ejemplos no limitativos
10 de procesos de deposición son la adsorción y el mezclado. Ejemplos de deposición adicionales incluyen la deposición electroquímica, la evaporación por haz de electrones, la deposición de vapores térmicos, y/o pulverización catódica con magnetron y radiofrecuencia.

15

II. Realizaciones

Según una realización, como se muestra en la Fig. 3, se proporciona un filtro 20 para producir agua potable. El filtro 20 comprende una carcasa 22 que incluye una entrada de agua 24
20 y una salida de agua 26. La realización de la Fig. 3 ilustra una realización de forma cilíndrica; sin embargo, la carcasa 22 puede ser proporcionada con diferentes formas, estructuras, tamaños y disposiciones en función del uso previsto del filtro, como es conocido en la técnica. Por ejemplo, el filtro
25 puede ser un filtro de flujo axial, en donde la entrada y la salida están dispuestas de forma que el líquido fluya a lo largo del eje de la carcasa. De forma alternativa, el filtro puede ser un filtro de flujo radial en donde la entrada y la salida están dispuestas de forma que el fluido fluya en
30 sentido radial con respecto a la carcasa. Asimismo, el filtro puede incluir flujo axial y flujo radial. La carcasa también

puede conformarse como parte de otra estructura sin por ello abandonar el ámbito de la presente invención.

El tamaño, forma, separación, alineación, y colocación de la entrada 24 y la salida 26 se puede seleccionar, como se
5 conoce en la técnica, para acomodar el caudal y el uso previsto del filtro 20. Preferiblemente, el filtro 20 se configura para usar en aplicaciones de agua potable residenciales o comerciales. En las patentes US-5.527.451; US-5.536.394; US-5.709.794; US-5.882.507; US-6.103.114; US-
10 4.969.996; US-5.431.813; US-6.214.224; US-5.957.034; US-6.145.670; US-6.120.685; y US-6.241.899 se describen ejemplos de configuraciones de filtro, dispositivos de agua potable, electrodomésticos, y otros dispositivos de filtración del agua adecuados para usar con la presente invención. Según múltiples
15 realizaciones de agua potable, el filtro 20 se puede configurar para que acomode un caudal inferior a aproximadamente 8 l/min de agua, o inferior a aproximadamente 6 l/min, o de aproximadamente 2 l/min a aproximadamente 4 l/min

20 En la Fig. 3, el filtro 20 comprende material de filtro 28 dispuesto en la carcasa 22. La carcasa 22 puede contener tanto material de filtro 28 como necesite la aplicación de filtrado. La carcasa puede contener menos de aproximadamente 2 kg de material de filtro, o menos de 1 kg de material de filtro, o
25 menos de 0,5 kg de material de filtro. Las partículas de filtro presentes en el material de filtro 28 son partículas de carbón activado que tienen una pluralidad de nanofilamentos de carbón dispuestos en la superficie de las partículas de carbón activado. Las partículas de filtro pueden comprender varias
30 formas y tamaños. Por ejemplo, las partículas de filtro pueden proporcionarse con formas sencillas tales como gránulos, fibras o perlas. Las partículas de filtro pueden

proporcionarse con formas de esfera, poliedro cilindro y también con otras formas simétricas, asimétricas e irregulares. Además, las partículas de filtro también pueden presentar formas complejas tales como bandas, tamices, mallas, no tejidos, tejidos y bloques unidos, los cuales pueden o no ser formados a partir de las formas sencillas descritas anteriormente.

Al igual que la forma, también el tamaño de las partículas de filtro puede variar y no es necesario que sea uniforme en todas las partículas de filtro utilizadas en un filtro. De hecho, puede ser deseable proporcionar partículas de filtro que tengan diferentes tamaños dentro de un mismo filtro. Las partículas de filtro pueden tener un tamaño de aproximadamente 0,1 μm a aproximadamente 10 mm. En realizaciones ilustrativas, las partículas de filtro pueden tener un tamaño de aproximadamente 0,2 μm a aproximadamente 5 mm, de aproximadamente 0,4 μm a aproximadamente 1 mm, o de aproximadamente 1 μm a aproximadamente 500 μm . En el caso de las partículas esféricas y cilíndricas (p. ej., fibras, perlas, etc.), las dimensiones antes descritas se refieren al diámetro de las partículas de filtro. Para las partículas de filtro que tienen formas prácticamente diferentes, los tamaños anteriormente descritos se refieren a la dimensión máxima (p. ej., longitud, anchura o altura).

Las partículas de filtro pueden comprender cualquier partícula de carbón activado adecuada, o en algunas realizaciones, partículas de carbón carbonizadas preactivadas. Por ejemplo y no de forma excluyente, las partículas de carbón activado pueden ser microporosas, mesoporosas, o combinaciones de las mismas. Además, las partículas de carbón activado pueden comprender partículas de carbón activado basado en madera, partículas de carbón activado basado en hulla,

partículas de carbón activado basado en turba, partículas de carbón activado basado en brea, partículas de carbón activado basado en alquitrán, y mezclas de los mismos. El material de filtro 28 puede proporcionarse en forma suelta o unida (p. 5 ej., unido parcial o totalmente mediante un aglutinante polimérico u otro medio para formar una estructura integrada).

Las partículas de carbón activado con nanofilamentos que han crecido en la superficie tienen eficacia en la captura para contaminantes superiores que las partículas de carbón 10 activado sin nanofilamentos. Una micrografía electrónica de barrido (SEM) de una partícula de carbón activado sin nanofilamentos se muestra en la Fig. 1, y una SEM de partículas de carbón activado con nanofilamentos que han crecido en la superficie se muestra en las Figs. 2a y 2b. En 15 una de las muchas realizaciones de filtrado contempladas, un gran número de nanofilamentos que han crecido en la superficie pueden producir más sitios de adsorción y un gran número de sitios de exclusión de tamaño para los diversos contaminantes. Durante el funcionamiento del filtro 20, una corriente de agua 20 pasa de la entrada de agua 24 a la salida de agua 26 del filtro 20. A medida que la corriente de agua pasa a través del material de filtro 28, se eliminan los contaminantes para enviar agua potable a través de la salida de agua 26 del filtro 20. En una realización, esta eliminación del 25 contaminante puede ser resultado de la adsorción del contaminante a los sitios de adsorción de las partículas de filtro.

Según otra realización, se proporciona un método de crear material de filtro 28 para producir agua potable. El método 30 comprende proporcionar partículas de carbón activado, y depositar uno o más precursores de nanofilamentos, al menos parcialmente, en la superficie de las partículas de carbón

activado. Los nanofilamentos se pueden depositar a través de cualquier técnica convencional adecuada conocida por el experto en la técnica. En la sección de definiciones que aparece más arriba se proporcionan ejemplos de técnicas de deposición. En una realización, estos precursores de nanofilamentos comprenden catalizadores y pueden estar presentes en una fase sólida, líquida o gaseosa. En una realización específica, los precursores de nanofilamentos comprenden catalizadores, que comprenden sales de metales de transición. Estas sales de metales de transición pueden incluir Fe, Co, Mo y Ni, o mezclas de los mismos. Ejemplos de los precursores de nanofilamentos incluyen, aunque no de forma limitativa, sulfato férrico ($(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3)$), cloruro férrico (FeCl_3), ferroceno ($\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$), cobaltoceno ($\text{Co}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$), níqueloceno ($\text{Ni}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$), óxido férrico (Fe_2O_3), pentacarbonilo de hierro ($\text{Fe}(\text{CO})_5$), y ftalocianinas de níquel ($\text{C}_{32}\text{H}_{16}\text{N}_8\text{Ni}$).

El método además comprende agitar las partículas de carbón activado y los precursores de nanofilamentos depositados en presencia de vapor carbónico, y calentar las partículas de carbón activado y los precursores de nanofilamento depositados en presencia del vapor carbónico a una temperatura y tiempo suficiente para que produzca el material de filtro que comprende las partículas de carbón activado que tienen nanofilamentos de carbón en la superficie de las partículas. Según el método, el vapor carbónico contacta y reacciona con las partículas de carbón activado y los precursores de nanofilamento depositados en un entorno caliente, por ejemplo, un horno o reactor. Si las partículas de carbón activado y los nanofilamentos depositados están dispuestos en una configuración estacionaria, p. ej. dentro de un reactor de flujo de lecho fijo, el vapor carbónico probablemente sólo entrará en contacto con la capa superior de las partículas o la superficie superior de las partículas que

están expuestas al vapor. Esto podría limitar la cantidad de nanofilamentos de carbón producidos en la superficie de las partículas de carbón activado, porque no todas las superficies de las partículas de carbón activado estacionarias y
5 precursores depositados pueden estar expuestas al vapor carbónico. En contraste con la configuración estacionaria, agitar o fluidizar las partículas de carbón activado y los precursores de nanofilamento depositados garantizará que el vapor carbónico contacte más área superficial de las
10 partículas de carbón activado y precursores depositados, produciendo de este modo más nanofilamentos de carbón producidos en las superficies de las partículas de carbón activado. Los reactores adecuados para agitar las partículas de carbón activado pueden incluir, aunque no de forma
15 limitativa, reactores de lecho fluidizados, reactores de lecho giratorios, reactores de lecho fijos convencionales que comprenden componentes que se agitan o se mezclan, etc.

El vapor carbónico puede comprender cualquier vapor carbónico, que es eficaz al proporcionar el producto de
20 reacción deseado. En una realización, el vapor carbónico puede comprender acetileno, benceno, xileno, etileno, metano, etanol, monóxido de carbono, alcanfor, naftaleno, o mezclas de los mismos. Las condiciones de temperatura, tiempo y atmósfera de la reacción pueden variar, y varias combinaciones son
25 adecuadas para estimular la reacción deseada. En una realización, la temperatura puede variar de aproximadamente 400 °C a aproximadamente 1.500 °C. En realizaciones ilustrativas, el intervalo de temperatura puede comprender límites superiores de menos de aproximadamente 1.200 °C, menos
30 de aproximadamente 1.000 °C, o menos de aproximadamente 800 °C, y límites inferiores de más de aproximadamente 400 °C, más de aproximadamente 500 °C, más de aproximadamente 600 °C, o más de aproximadamente 700 °C. En otra realización, el

tiempo de reacción es de aproximadamente 2 minutos a aproximadamente 10 horas. En realizaciones ilustrativas, el tiempo de reacción es de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 8 horas, de aproximadamente 10 minutos a 5 aproximadamente 7 horas, o de aproximadamente 20 minutos a aproximadamente 6 horas.

En una realización, los precursores de nanofilamentos pueden generar nanopartículas en la superficie de las partículas de carbón activado durante las etapas iniciales del 10 método. Por ejemplo, el sulfato férrico se descompondrá y generará nanopartículas de Fe en la superficie de las partículas de carbón activado. Estas nanopartículas, a continuación, catalizarán la formación de nanofilamentos de carbón a medida que los vapores carbónicos son transportados 15 sobre las partículas del catalizador para formar los nanofilamentos de carbón.

Además, el método puede también comprender un gas portador para suministrar el vapor carbónico a la superficie de las partículas de carbón. La atmósfera de reacción puede 20 comprender el vapor carbónico y el gas portador que los pone en contacto con las partículas de carbón activado y precursores de nanofilamentos durante la reacción. El gas portador puede ser inerte o reductor, y, en una realización, puede contener pequeñas cantidades de vapor. Un ejemplo típico 25 y no limitativo de un gas portador de este tipo es el nitrógeno. El argón y el helio son otros dos ejemplos de gases portadores; sin embargo, en la presente memoria se contemplan otros muchos gases portadores adecuados. La velocidad frontal del gas portador en el horno es de aproximadamente 1 cm/h.g (es decir, centímetros por hora y gramo de partículas de 30 carbón activado) a aproximadamente 350 cm/h.g, y en realizaciones ilustrativas, de aproximadamente 2 cm/h.g a

aproximadamente 180 cm/h.g, de aproximadamente 4 cm/h.g a aproximadamente 90 cm/h.g, o de aproximadamente 20 cm/h.g a aproximadamente 40 cm/h.g.

Según otra realización de la presente invención, en la presente memoria se describe un método alternativo de crear material de filtro 28 para producir agua potable. El método comprende proporcionar partículas de carbón carbonizado. Como se ha indicado más arriba, las partículas carbonizadas son partículas de filtro, que no han sido sometidas todavía a una etapa de activación. Similar al otro método descrito más arriba, el método además comprende depositar, al menos parcialmente, uno o más precursores de nanofilamentos en la superficie de las partículas de carbón carbonizado, y agitar las partículas de carbón carbonizado y precursores de nanofilamento depositados en presencia de vapor carbónico. Las partículas de carbón carbonizado y los precursores de nanofilamento depositados, a continuación, se calientan en presencia del vapor carbónico a una temperatura y tiempo suficientes para producir nanofilamentos de carbón en la superficie de las partículas de carbón carbonizado. El método incluye, de este modo, activar las partículas de carbón carbonizado. Durante la activación, las partículas carbonizadas y los nanofilamentos de carbón se calientan o se tratan químicamente para producir el material de filtro, que comprende partículas de carbón activado que tengan nanofilamentos de carbón en la superficie de las partículas.

Los carbones carbonizados pueden ser activados por el calor bajo varias condiciones de procesamiento bien conocidas para el experto en la técnica. Por ejemplo, la activación por el calor puede ocurrir en una atmósfera que comprende vapor, CO₂, o mezclas de los mismos. Además, las temperaturas de activación y la duración pueden variar dependiendo de las partículas de filtro utilizadas. Los carbones carbonizados

también se pueden activar químicamente con cualquier reactivo químico adecuado conocido para el experto en la técnica. Por ejemplo, los carbones carbonizados se pueden tratar con KOH, o H₃PO₄. La etapa de activación se puede incorporar en cualquier
5 etapa de los métodos descritos anteriormente. La activación se puede producir en una o múltiples etapas, y las partículas de carbón activado pueden sufrir una activación adicional.

En otra realización, los métodos descritos anteriormente pueden también comprender una etapa de limpieza dirigida a
10 limpiar los nanofilamentos de carbón y sustancialmente a eliminar cualquier precursor de nanofilamento restante después de la etapa de calentamiento. Como la activación, la etapa de limpieza puede incorporar un tratamiento térmico o un tratamiento químico para limpiar los nanofilamentos y quitar
15 los precursores de nanofilamentos. Se puede emplear cualquier procedimiento de limpieza. En una realización de limpieza química, se puede utilizar una solución ácida. En una realización ilustrativa, se puede utilizar una solución ácida fuerte, por ejemplo, una solución de ácido sulfúrico o nítrico
20 en la etapa de limpieza. Se contempla que una etapa de activación utilizada después de la formación de los nanofilamentos de carbón, como se describe más arriba, puede actuar como una etapa de limpieza o una etapa de limpieza parcial.

25 En otra realización, los métodos descritos más arriba pueden comprender tratar las partículas de carbón activado o carbonizado y los precursores de nanofilamento depositados con un agente reductor antes de la etapa de calentamiento. Durante esta etapa de reducción, las partículas y precursores de
30 nanofilamento depositados son tratados en presencia de agentes reductores para funcionalizar la superficie de la partícula. Al funcionalizar la superficie, las partículas de filtro

pueden mejorar su adsorción a los contaminantes específicos en una corriente de agua. Ejemplos no limitativos de agentes reductores incluyen el hidrógeno, el amoníaco, o mezclas de los mismos. Por ejemplo, un agente reductor que comprende
5 amoníaco puede reaccionar con la superficie de la partícula para producir nitrógeno en la superficie de la partícula, en la que el nitrógeno puede aglutinar o adsorber a un contaminante que se va a filtrar.

10 III. Ejemplos experimentales

Los siguientes ejemplos no limitativos describen materiales de filtro y métodos de crear materiales de filtro según una o más realizaciones de la presente invención.

15 Ejemplo 1

Formación de partículas de carbón activado con nanofilamentos que han crecido en la superficie utilizando ferroceno

100 g de las partículas de carbón activado basado en madera
20 NUCHAR™ RGC 80x325 de MeadWestvaco Corp., de Covington, VA, se mezclan con una solución de 500 mL de ferroceno al 10% ($\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$) en xileno. El carbón activado resultante con ferroceno adsorbido se seca durante la noche a temperatura ambiente. A continuación, el carbón activado se carga en la
25 bandeja del horno de tubo horizontal Lindberg / Blue M (Modelo n°. HTF55667C; SPX Corp.; Muskegon, MI). El diámetro del horno de tubo es de 15,25 cm (6 pulgadas). El horno se calienta a 800 °C en un flujo de nitrógeno de 7,1 l/min (15 pies³/h). Una vez que se ha alcanzado la temperatura del horno deseada, una
30 solución de 10 ml/min de ferroceno al 10% en xileno se lleva al horno de tubo mediante una corriente de nitrógeno de 7,1 l/min (15 pies³/h) (es decir, una velocidad frontal de aproximadamente

23 cm/h.g) durante 1 h. Al final de ese período, se deja que el material se enfríe a temperatura ambiente en una atmósfera de nitrógeno. Las partículas de carbón activado resultantes contienen nanofilamentos que han crecido en la superficie.

5

Ejemplo 2

Formación de partículas de carbón activado con nanofilamentos que han crecido en la superficie utilizando sulfato férrico y ferroceno

10

100 g de partículas de carbón activado de coco microporoso 80x325 de Calgon Carbon Corp., de Pittsburgh, PA, se mezclan con una solución de 100 mL de sulfato férrico al 20% ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) en agua desionizada. El carbón activado resultante con sulfato férrico adsorbido se seca durante la noche en un horno a 130 °C. A continuación, el carbón activado se carga en la bandeja del horno de tubo horizontal Lindberg / Blue M (Modelo n°. HTF55667C; SPX Corp.; Muskegon, MI). El diámetro del horno de tubo es de 15,25 cm (6 pulgadas). El horno se calienta a 800 °C en un flujo de nitrógeno de 7,1 l/min (15 pies³/h). Una vez que se ha alcanzado la temperatura del horno deseada, el carbón activado se mantiene a esa temperatura durante aproximadamente 45 minutos. A continuación, se lleva una solución de 4 ml/min de ferroceno al 10% en xileno al horno de tubo mediante una corriente de nitrógeno de 2,3 l/min (5 pies³/h) (es decir, una velocidad frontal de aproximadamente 8 cm/h.g) durante 1 h. Al final de ese período, se deja que el material se enfríe a temperatura ambiente en una atmósfera de nitrógeno. Las partículas de carbón activado resultantes contienen nanofilamentos que han crecido en la superficie.

30

REIVINDICACIONES

1. Un filtro para producir agua potable caracterizado por:
una carcasa que incluye una entrada y una salida de agua; y
5 un material de filtro dispuesto dentro de la carcasa caracterizado por,
partículas de carbón activado; y
una pluralidad de nanofilamentos de carbón dispuestos en
la superficie de las partículas de carbón activado,
10 en el que el filtro se puede accionar para proporcionar agua potable eliminando los contaminantes de una corriente de agua líquida que fluya de la entrada de agua a la salida de agua de la carcasa.
2. El filtro según la reivindicación 1 en el que las
15 partículas de carbón activado comprenden microporos, mesoporos, o combinaciones de los mismos.
3. El filtro según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que las partículas de carbón activado comprenden partículas de carbón activado basado en madera,
20 partículas de carbón activado basado en hulla, partículas de carbón activado basado en turba, partículas de carbón activado basado en brea, partículas de carbón activado basado en alquitrán, o mezclas de los mismos.
4. El filtro según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que las partículas de carbón activado
25 comprenden fibras, esferas, partículas de forma irregular, o combinaciones de las mismas.
5. Un filtro según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que las partículas de carbón activado
30 tienen un tamaño de aproximadamente 0,1 μm a 10 mm.

6. El filtro según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que los nanofilamentos de carbón comprenden nanotubos de una pared (SWNT), nanotubos de pared doble (DWNT), nanotubos de pared múltiple (MWNT), nanofilamentos, nanocintas, nanocuernos, o combinaciones de los mismos.
7. El filtro según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el filtro está configurado para acomodar un caudal de hasta 8 l/min de agua.
8. Un método para producir agua potable caracterizado por proporcionar un filtro según cualquiera de las reivindicaciones anteriores y que pasa una corriente de agua a través del material de filtro para eliminar contaminantes y, por consiguiente, producir agua potable.
9. Un método de crear un material de filtro para producir agua potable caracterizado por:
- proporcionar partículas de carbón activado;
 - depositar uno o más precursores de nanofilamentos, al menos parcialmente, en la superficie de las partículas de carbón activado;
 - agitar las partículas de carbón activado y los precursores de nanofilamento depositados en presencia de vapor carbónico; y
 - calentar las partículas de carbón activado y los precursores de nanofilamento depositados en presencia de vapor carbónico a una temperatura y tiempo suficientes para producir el material de filtro que comprende partículas de carbón activado que tienen nanofilamentos de carbón en la superficie de las partículas.
10. Un método de crear un material de filtro para producir agua potable caracterizado por:
- proporcionar partículas de carbón carbonizado;

depositar uno o más precursores de nanofilamentos, al menos parcialmente, en la superficie de las partículas de carbón carbonizado;

5 agitar las partículas de carbón carbonizado y los precursores de nanofilamento depositados en presencia de vapor carbónico;

10 calentar las partículas de carbón carbonizado y los precursores de nanofilamento depositados en presencia de vapor carbónico a una temperatura y tiempo suficientes para producir nanofilamentos de carbón en la superficie de las partículas de carbón carbonizado; y

15 activar las partículas de carbón carbonizado calentando o tratando químicamente las partículas carbonizadas y los nanofilamentos de carbón para producir el material de filtro que comprende partículas de carbón activado que tienen nanofilamentos de carbón en la superficie de las partículas.

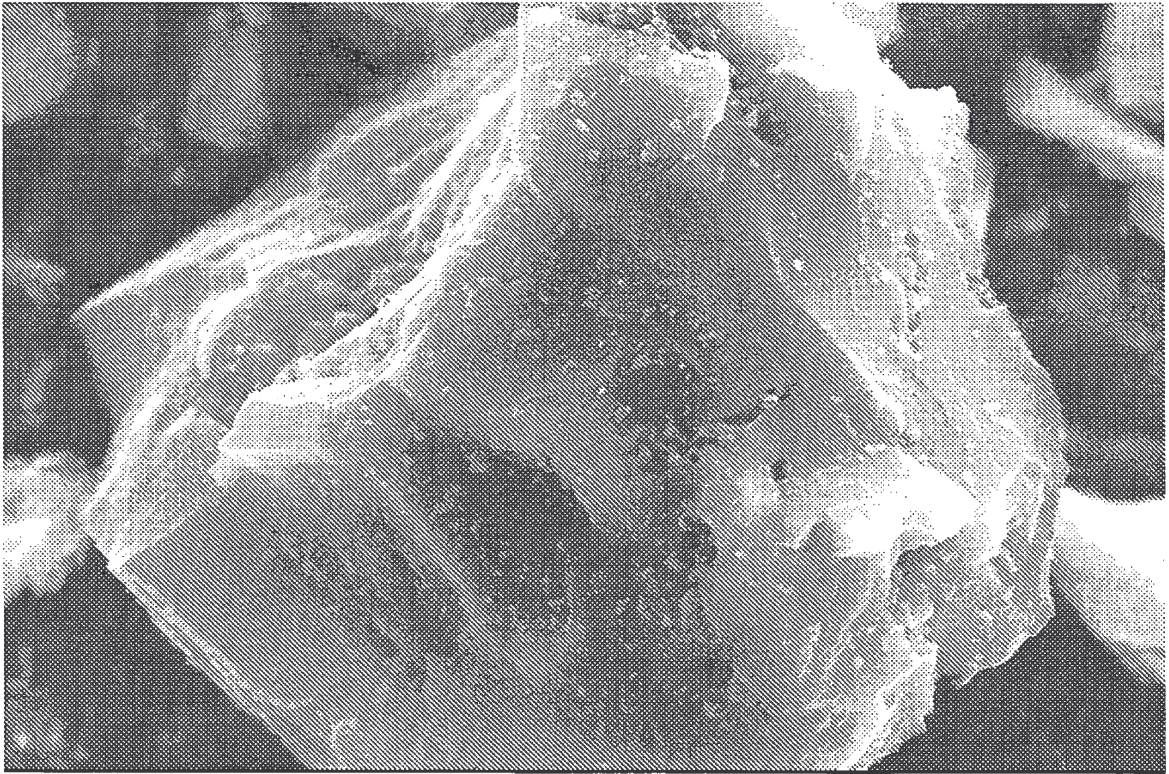


FIG. 1 (Estado de la Técnica)

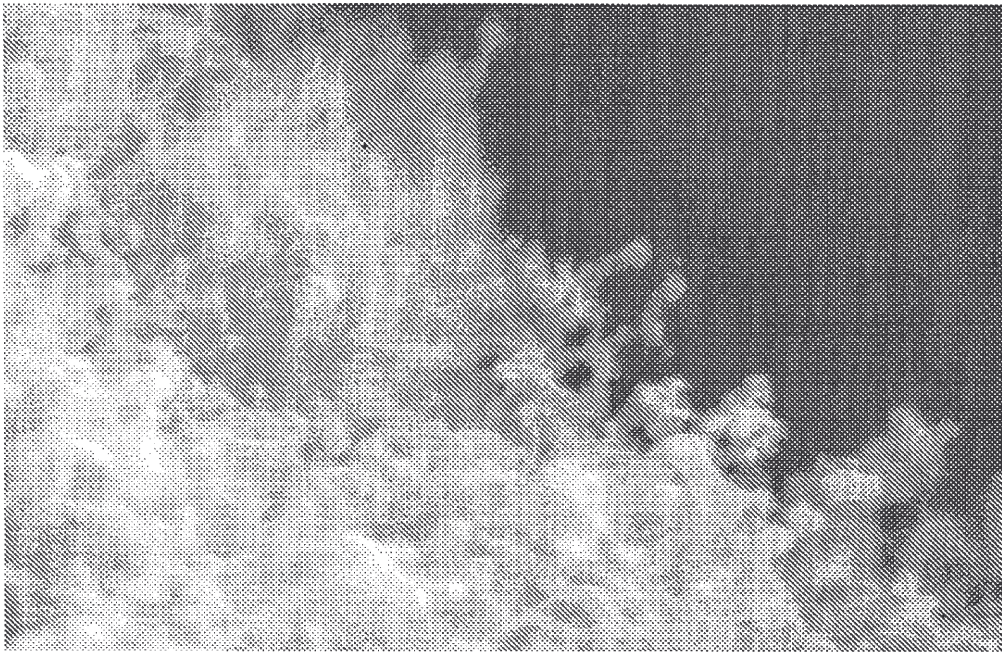


FIG. 2a

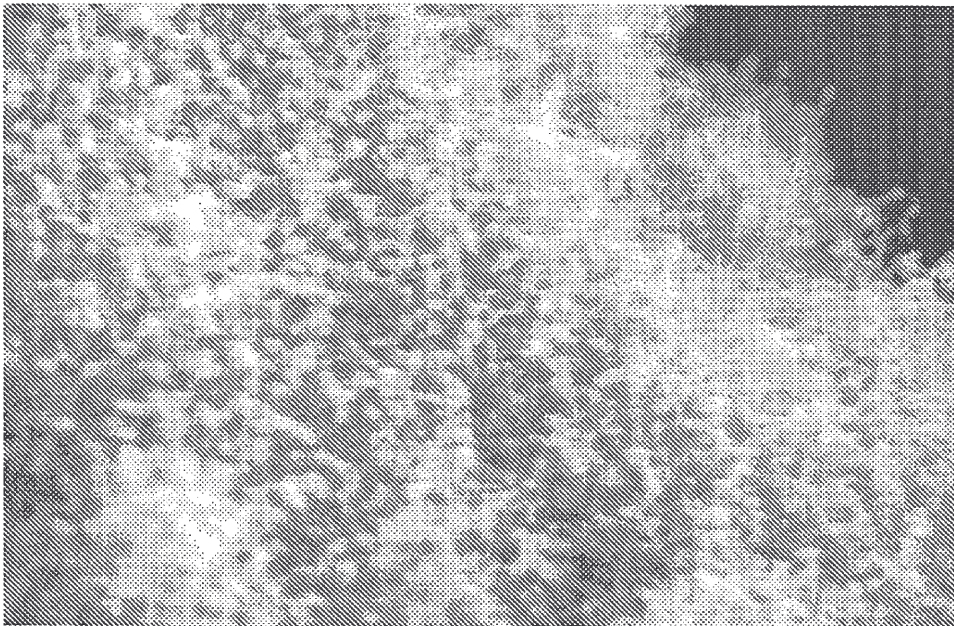


FIG. 2b

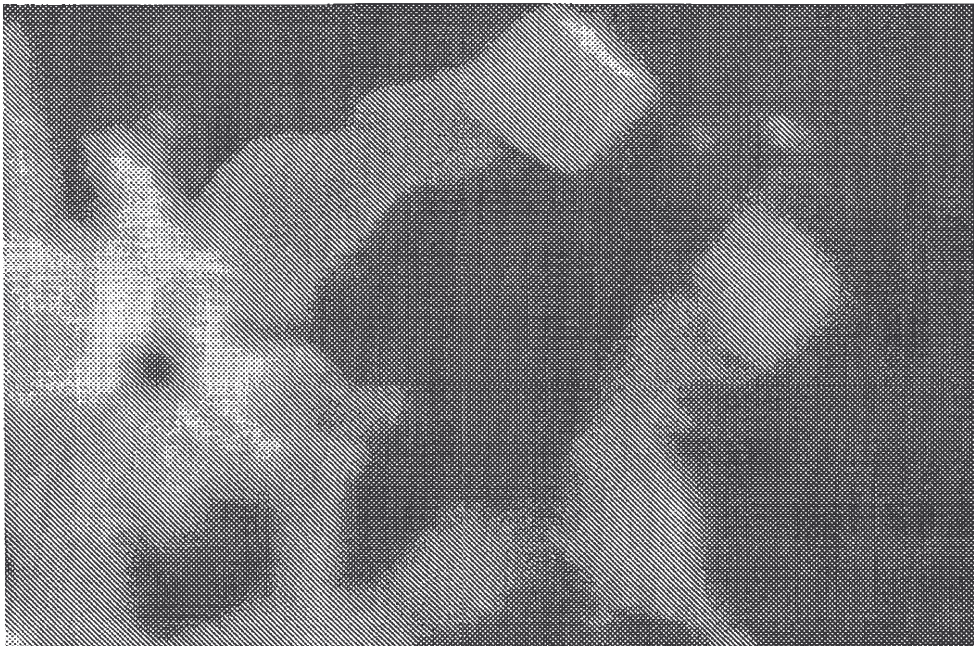


FIG. 2c

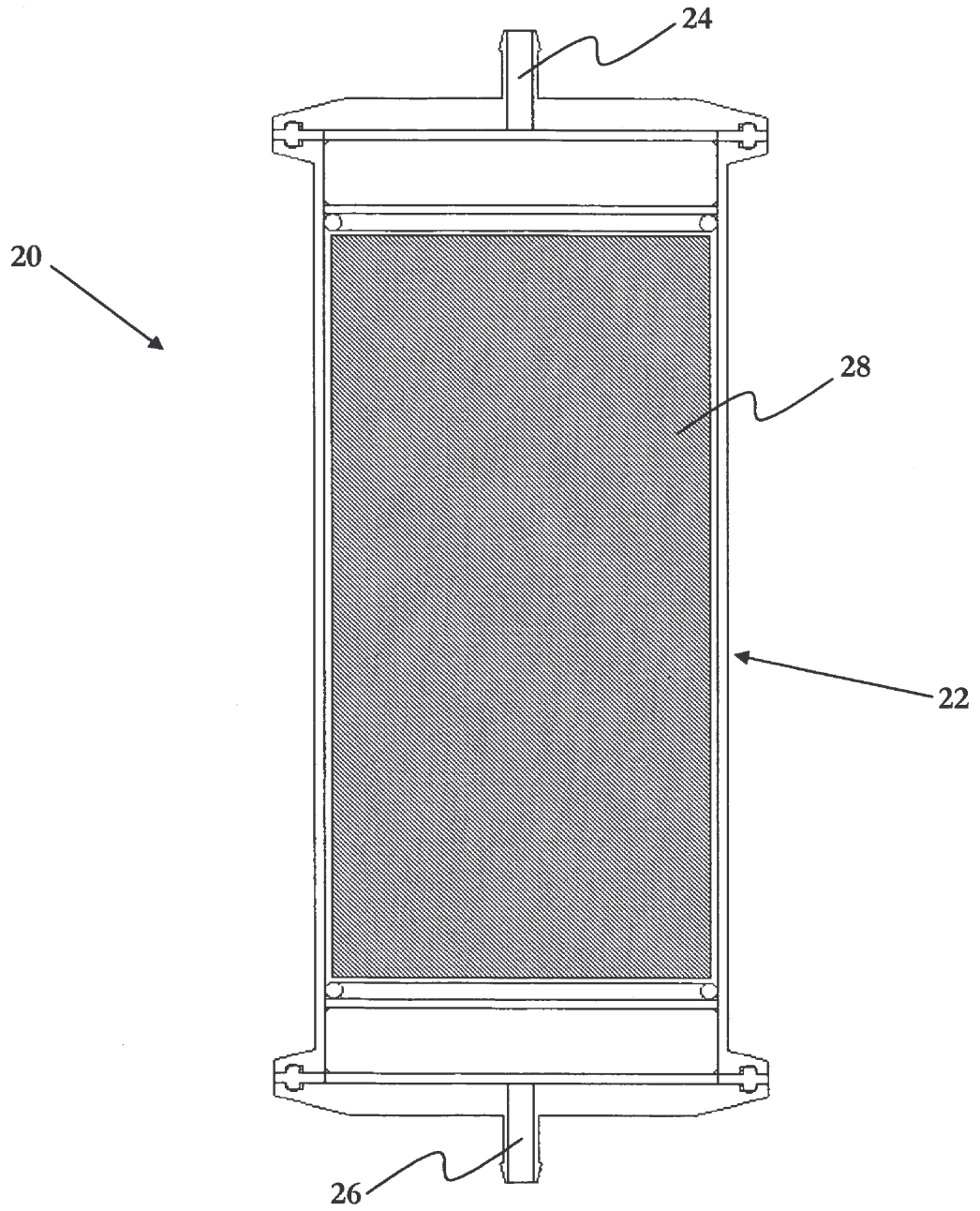


FIG. 3