

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 564 996**

51 Int. Cl.:

B01D 39/16 (2006.01)
B01D 39/20 (2006.01)
B01D 27/02 (2006.01)
B01D 29/21 (2006.01)
B01D 61/02 (2006.01)
B01D 29/58 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.09.2011 E 11824182 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.01.2016 EP 2618908**

54 Título: **Filtro de cartucho que combina un filtro de profundidad y un filtro submicrónico, y procedimiento de pretratamiento para ósmosis inversa**

30 Prioridad:

10.09.2010 US 381708 P

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

30.03.2016

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**STIFTER, TRAVIS GERALD;
SZCZEPANSKI, JOSEPH T.;
LAIDLAW, WILLIAM B.;
BHARWADA, UPEN JAYANT y
AUNE, THOMAS MARTIN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 564 996 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

Filtro de cartucho que combina un filtro de profundidad y un filtro submicrónico, y procedimiento de pretratamiento para ósmosis inversa

5 La presente invención se refiere, en general, a la filtración y, en particular, a un filtro de cartucho que combina un filtro de profundidad con un segundo filtro que comprende fibras con un diámetro inferior a 1 micrómetro, y a un procedimiento de pretratamiento de agua de alimentación antes de la ósmosis inversa (OI), de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 9.

El siguiente análisis no es una admisión de que nada de lo descrito a continuación sea de conocimiento general común, o citable como técnica anterior.

10 Los filtros pueden estar diseñados para eliminar sólidos que incluyen partículas coloidales y microorganismos. Dos tipos comunes de filtros utilizados en el filtrado de líquidos son los filtros de profundidad y los filtros plegados, que pueden ser filtros de superficie o de criba.

15 Un filtro de profundidad retiene las partículas en toda la profundidad de unos medios de filtración. Un filtro de profundidad puede tener múltiples capas (o zonas), por lo general la capa que tiene el mayor tamaño de los poros forma una capa aguas arriba, adyacente a la entrada del filtro, y la capa que tiene el tamaño más pequeño de los poros forma una capa aguas abajo, adyacente a la salida del filtro. El régimen de un filtro de profundidad puede determinarse de acuerdo con su capacidad de retención de suciedad (DHC), que se mide en los gramos de partículas sólidas que el filtro puede almacenar antes de atascarse. El régimen de un filtro de profundidad también puede determinarse en términos del porcentaje (denominado eficiencia) de partículas de un tamaño mínimo
20 establecido en la corriente de alimentación retenidos por el filtro. Una eficiencia de régimen habitual es del 90 %. Sin embargo, un filtro de profundidad puede también estar especificado para un tamaño de partícula absoluto, que sea el tamaño de una partícula eliminada con una eficiencia cercana al 100 %. Pueden utilizarse diversos medios para construir un filtro de profundidad, siendo uno de ellos un medio no tejido de filamentos soplados en fundido o termofundidos. Un filtro de profundidad se puede proporcionar en la forma de una manga tubular o una lámina plana.

25 Los filtros plegados están fabricados con un material de lámina delgada. El material de lámina se pliega en plegados para aumentar su área de superficie dentro de una carcasa dada. Los filtros plegados tienden a ser filtros de superficie, también denominados filtros de criba, que retienen partículas principalmente situadas sobre, o cerca de, una superficie aguas arriba, en vez de en toda la profundidad del filtro. Las partículas son retenidas principalmente por exclusión de tamaño en función del tamaño de los poros en una superficie aguas arriba del elemento de filtro, o
30 mínimamente por debajo de la misma. El régimen de los filtros de superficie es susceptible de determinarse en términos de un tamaño de partícula absoluta. Por debajo del tamaño de partícula absoluto, debido a una distribución del tamaño de los poros específicos y a la posibilidad de que las partículas queden capturadas en los poros tortuosos, la eficiencia de eliminación disminuye con el tamaño de partícula y puede producirse cierta filtración en profundidad. Los medios utilizados en un filtro plegado pueden ser un material no tejido de fibras de vidrio o
35 poliméricas, o una membrana polimérica microporosa.

Un filtro de cartucho es un elemento de filtro extraíble o reemplazable, diseñado para su colocación en una carcasa. Algunos filtros de cartucho se pueden limpiar, pero a menudo se desechan al final de su vida útil. La vida útil de un elemento de filtro es el tiempo durante el que el elemento de filtro continúa proporcionando su capacidad nominal de
40 eliminación, al tiempo que evita una caída de presión máxima a través del filtro y opera con un flujo o rendimiento mínimo, o por encima del mismo. La caída de presión máxima puede estar limitada por la capacidad mecánica de un elemento de filtro para soportar un diferencial aplicado a través del mismo. Cuando el elemento de filtro no consigue retener partículas de un tamaño para el que está especificado con la eficiencia requerida, o bien requiere una caída de presión mayor que la cantidad máxima especificada para producir el rendimiento mínimo especificado, se reemplaza.

45 En general, es deseable proporcionar un elemento de filtro que elimine las partículas pequeñas con una alta eficiencia y con una baja caída de presión, y que tenga una alta capacidad de retención. También es deseable en general proporcionar un filtro de cartucho que presente una vida útil larga para una especificación de rendimiento dada. También es deseable en general minimizar el volumen o la masa de un elemento de filtro necesario para cumplir un criterio de rendimiento dado.

50 El documento US 5 681 469 A describe un material para filtro de profundidad, que comprende tres zonas anulares compuestas por diferentes fibras sopladas en fundido.

La patente de Estados Unidos Número 6.986.427, expedida el 17 de enero de 2006 a Aune y col., describe entre otras cosas medios no tejidos útiles, soplados en fundido, para un elemento de filtro de profundidad. Los medios se fabrican dirigiendo una pluralidad de filamentos soplados en fundido al lado de un extremo cónico de una estructura
55 tubular. La estructura tubular rota sobre un mandril giratorio. La estructura tubular crece en longitud a medida que se añade material a su extremo cónico, mientras se extrae la estructura tubular de la zona de pulverización de filamentos a lo largo del mandril. Se dirigen diferentes filamentos a diferentes porciones del cono, y los filamentos pueden variar en una o más características a lo largo del cono. Esto produce zonas anulares concéntricas en el

elemento tubular, con una variación correspondiente en la una o más características. Por ejemplo, uno o más filamentos, pulverizados solamente cerca de la punta del cono, forman una zona interior del tubo. Pueden aplicarse uno o más de otros filamentos soplados en fundido a través de toda la longitud del cono, para añadir filamentos que se extiendan a través de la profundidad del elemento, cruzando múltiples zonas, para reforzar los medios.

- 5 Pueden usarse membranas de ósmosis inversa (OI) para desalinizar agua de mar, y para diversas otras aplicaciones. El índice de densidad de sedimentos (SDI) del agua de alimentación es una medida de la tendencia de un agua de alimentación a ensuciar una membrana de ósmosis inversa. El SDI se mide mediante la determinación de la tasa (en porcentaje de desintegración por minuto) con la que el agua de alimentación ensucia un filtro de membrana determinado, con un tamaño de poro nominal de 0,45 µm, cuando se alimenta a una presión constante de 206,8 kPa. A menudo se dice que las membranas de OI de fibras huecas requieren agua de alimentación con un SDI de 3 o menos, mientras que a menudo se dice que las membranas enrolladas en espiral requieren agua de alimentación con un SDI de 5 o menos, siendo ambos muy inferiores al SDI de la mayoría de los suministros de agua de mar. Sin embargo, una mayor reducción del SDI reduce las tasas de ensuciamiento de las membranas de OI. En el documento *Silt density indices (SDI), percent plugging factor (%PF): their relation to actual foulant deposition (Desalination 119 (1998) 259-262)*, Kremen y col. observan que la cantidad de suciedad que se acumula en una membrana aumenta geoméricamente a medida que el SDI del agua de alimentación aumenta de 1 a 5.

El siguiente análisis pretende presentar al lector la siguiente descripción detallada, y no limitar o definir cualquier invención reivindicada. Una invención reivindicada puede ser una subcombinación de elementos o etapas descritos a continuación, o incluir un elemento o etapa descrito en otras partes de la presente memoria.

- 20 La disminución del SDI de un agua de alimentación a niveles bajos, por ejemplo 5 o menos, por lo general requiere la eliminación de partículas con un tamaño de 1 micrómetro y menos. Puede fabricarse un filtro de profundidad que elimine las partículas en este intervalo de tamaño utilizando filamentos de diámetro muy pequeño y, opcionalmente, comprimiéndolos contra un mandril a medida que se forma el filtro de profundidad. Sin embargo, la caída de presión a través de tal filtro de profundidad será significativa. Entre otras cosas, cuando el filtro de profundidad tenga una forma tubular, el área de superficie efectiva para la filtración disminuirá a medida que el agua se mueve hacia el interior. Los filtros con forma de lámina, incluidos los plegados, también se pueden fabricar de modo que eliminen las partículas submicrométricas. Sin embargo, el proceso habitual para fabricar tales filtros implica el calandrado de la lámina para apretar la estructura de poros, lo que a su vez causa una caída de presión significativa. Un filtro con forma de lámina muy apretada también tenderá a atascarse rápidamente a menos que se filtre previamente aguas arriba el agua de alimentación, lo que requerirá un aumento indeseable de equipos y tuberías.

En la presente memoria descriptiva se describe un conjunto de filtro de cartucho que incluye un elemento de filtro de profundidad, combinado con un segundo elemento de filtro, situado aguas abajo, en una sola unidad que puede utilizarse en una carcasa de filtro de cartucho estándar.

- 35 El elemento de filtro de profundidad tiene una masa de filamentos de polímero soplados en fundido, y puede presentar una eficiencia de eliminación del 90 % para un tamaño de contaminantes en el intervalo de 0,5 a 10 micrómetros, preferiblemente de 1 a 5 micrómetros. El filtro de profundidad comprende preferiblemente varias zonas que ocupan diferentes profundidades del filtro, con uno o más filamentos de polímero soplados en fundido que atraviesan dos o más de las zonas. Esta estructura reduce al mínimo la caída de presión a través del filtro mediante la reducción de la densidad general del filtro, al tiempo que conserva una resistencia a la compresión adecuada a pesar de tener una zona interior capaz de eliminar partículas pequeñas.

- 40 El segundo elemento de filtro comprende fibras que tienen un diámetro de 1 micrómetro o menos, que en el presente documento se denominan nanofibras. El segundo filtro elimina un porcentaje de material de contaminantes que tengan menos de 1 micrómetro de tamaño, preferiblemente menos de 0,5 micrómetros de tamaño. El uso de nanofibras permite obtener un poro muy pequeño sin calandrado. Los poros resultantes también son tortuosos. El segundo elemento de filtro puede ser plegado para aumentar su área de superficie de filtración efectiva.

El elemento de filtro de profundidad puede tener la forma de un tubo. El segundo elemento de filtro también puede tener la forma de un tubo, preferiblemente plegado, situado en el interior del filtro de profundidad. Unos caperuzones están sellados herméticamente en los extremos del filtro de profundidad y del segundo de filtro, para formar un filtro de cartucho que pueda encajar en una carcasa estándar.

- 50 El filtro de cartucho se puede utilizar para pretratar un agua de alimentación aguas arriba de una membrana de OI. El SDI del agua de alimentación se puede reducir a 3 o menos, o a 2 o menos. Los contaminantes orgánicos e inorgánicos se pueden eliminar, lo que permite que la membrana de OI opere más tiempo o con un mayor flujo entre las limpiezas químicas. La producción de un filtrado con un SDI muy bajo tiende a requerir la retención de una masa significativa de contaminantes en el filtro. El segundo filtro proporciona una eficiencia de eliminación de material para partículas muy pequeñas, pero en consecuencia puede atascarse rápidamente. El filtro de profundidad situado aguas arriba impide que las partículas más grandes alcancen el segundo filtro, aumentando así la capacidad de retención de suciedad del filtro de cartucho combinado, sin necesidad de una carcasa de prefiltro separada. El filtro de profundidad y el segundo filtro están contruidos para reducir la caída de presión, teniendo en cuenta el pequeño tamaño de los contaminantes a eliminar y la presencia del otro filtro.

La FIG. 1 es una vista en perspectiva en corte parcial de un conjunto 10 de filtro de cartucho.

La FIG. 2 es una vista en perspectiva en corte parcial de otro conjunto 10 de filtro de cartucho.

La FIG. 3 es una vista en sección del conjunto 10 de filtro de cartucho de la FIG. 1.

La FIG. 4 es una vista en sección del conjunto 10 de filtro de cartucho de la FIG. 2.

- 5 Los caracteres de referencia correspondientes indican partes correspondientes en todas las vistas de los dibujos.

La invención se describirá a continuación en la siguiente descripción detallada, con referencia a los dibujos, en la que se describen en detalle una o más realizaciones para permitir la práctica de la invención. Aunque la invención se describe con referencia a realizaciones específicas, debe comprenderse que la invención no se limita a estos ejemplos y que incluye numerosas alternativas, modificaciones y equivalentes.

- 10 El lenguaje de aproximación, tal como se utiliza en el presente documento a través de toda la memoria y las reivindicaciones, se puede aplicar para modificar cualquier representación cuantitativa que pudiera variar lícitamente, sin resultar en un cambio en la función básica con la que está relacionada. De acuerdo con ello, un valor modificado por un término o términos, tales como "aproximadamente", no se limita al valor preciso especificado. En al menos algunos casos, el lenguaje de aproximación puede corresponder a la precisión de un instrumento para medir el valor.
- 15 Las limitaciones de intervalo se pueden combinar y/o intercambiarse, y tales intervalos, y todos los subintervalos, están incluidos en el presente documento a menos que el contexto o el lenguaje indiquen lo contrario. Al margen de los ejemplos operativos, o cuando se indique lo contrario, todos los números o expresiones que se refieran a cantidades de ingredientes, condiciones de reacción y similares, usados en la memoria y en las reivindicaciones, deben entenderse como modificados en todos los casos por el término "aproximadamente".

- 20 Los términos "opcional/es" o "preferible/s", y similares, significan que el evento o circunstancia descrito posteriormente puede o puede no ocurrir, o que el material identificado posteriormente puede o puede no estar presente, y que la descripción incluye casos en los que el evento o circunstancia se produce o en los que está presente el material, y casos en los que el evento o circunstancia no se produce o el material no está presente.

- 25 Tal como se usan en el presente documento, los términos "comprende", "que comprende", "incluye", "que incluye", "tiene", "que tiene", o cualquier otra variación de los mismos, están destinados a cubrir una inclusión no exclusiva. Por ejemplo, un proceso, procedimiento, artículo o aparato que comprende una lista de elementos no está necesariamente limitado a sólo aquellos elementos, sino que puede incluir otros elementos no mencionados expresamente o inherentes a tal proceso, procedimiento, artículo o aparato. Las formas singulares "un", "uno/a" y "el" incluyen los referentes plurales a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

- 30 Con referencia a la FIG. 1, un conjunto 10 de filtro de cartucho incluye un filtro 12 interior cilíndrico de materiales no tejidos o materiales de membrana, rodeado por un elemento 14 de filtro de profundidad exterior. El elemento 14 de filtro de profundidad forma la superficie exterior expuesta del conjunto 10 de filtro de cartucho. El filtro 12 interior es un filtro de superficie o de criba, y puede estar soportado por un núcleo 16 adecuado. El conjunto 10 de filtro de cartucho que presenta el elemento 14 de filtro de profundidad y el filtro 12 interior de criba o de superficie puede
- 35 estar contenido dentro de una carcasa (no mostrada), provista de una entrada de fluido y una salida de fluido. Un fluido a filtrar pasa secuencialmente primero a través del elemento 14 de filtro de profundidad, y después a través del filtro 12 interior de criba o de superficie, preferiblemente sin derivación del fluido. Aunque el filtro 12 interior se describe en el presente documento como un filtro de superficie o de criba, el filtro 12 interior puede estar fabricado
- 40 opcionalmente con materiales que sean capaces de cierta filtración en profundidad, o generalmente materiales en forma de lámina, por ejemplo, materiales que tengan un espesor de 5 mm o menos, o de 2 mm o menos.

- Preferiblemente, el elemento 14 de filtro de profundidad comprende una pluralidad de capas o zonas de medios, teniendo cada una un tamaño diferente de retención en micrómetros, como se explica a continuación, de modo que la permeabilidad o retención (en términos del tamaño de partículas eliminadas con una eficiencia dada) de las capas de medios sea mayor en un punto adyacente a la entrada de fluido del conjunto 10 de filtro de cartucho, y sea menor
- 45 en un punto adyacente al filtro 12 interior. De este modo, se retendrán las partículas grandes en un punto adyacente a una entrada de alimentación y las partículas cada vez más pequeñas se retendrán a medida que el caudal pasa a través del conjunto 10 de filtro de cartucho. Aunque las zonas se ilustran con una línea clara entre las mismas para facilitar la ilustración, en la práctica puede haber una transición más gradual, o una zona de transición, entre las zonas.

- 50 El conjunto 10 de filtro de cartucho se completa fijando unos caperuzones extremos, como se conocen en la técnica, al filtro 12 interior y al elemento 14 de filtro de profundidad. Por ejemplo, puede fabricarse un caperuzón extremo con un material termoplástico y unirse térmicamente a cada extremo del conjunto 10 de filtro. Los extremos, tanto del filtro 12 interior como del elemento 14 de filtro de profundidad, se funden al caperuzón extremo para formar un sello y quedar ligados. Uno o ambos de los caperuzones extremos es abierto, para permitir retirar el material filtrado del
- 55 centro del conjunto de filtro. Un extremo abierto puede estar provisto en su cara de una junta obturadora, anular y plana. La junta obturadora puede formarse encapsulando el caperuzón extremo con un material elastomérico en un estado líquido, y permitiendo que este material se solidifique, formando una junta obturadora extrema integral. La

5 junta obturadora extrema forma un listón de sellado cuando se presiona contra el borde de una salida de una carcasa. Alternativamente, un caperuzón extremo puede tener una sección tubular interior equipada con juntas tóricas para el sellado contra la superficie exterior de una salida de una carcasa. Cualquiera de las juntas proporciona un sello mecánico que separa una entrada a la carcasa de una salida de la carcasa, lo que requiere que el agua de alimentación pase a través del conjunto 10 de filtro de cartucho.

10 El filtro 12 interior puede ser cualquier filtro de criba o de superficie, con unos medios, y fabricarse de acuerdo con procedimientos conocidos para los expertos en la técnica. El filtro 12 interior puede fabricarse con capas de nanofibras o con unos medios fibrosos que contengan nanopartículas. Nanofibras, tal como se usa el término en la presente memoria, se refieren a fibras que tengan un diámetro de 1000 nm o menos. Una nanopartícula tiene al menos una dimensión que sea de 1000 μm o menos. Las nanofibras usadas en el filtro interior pueden estar en el intervalo de 200-600 nm de diámetro, o pueden tener diámetros de menos de 200 nanómetros, posiblemente tan pequeños como 50 nm de diámetro. Las capas de nanofibras pueden formar una distribución aleatoria de fibras que pueden unirse para formar una red de interconexión. El rendimiento de filtración se puede obtener como resultado de las fibras finas que proporcionan una barrera para el paso de partículas. Las propiedades estructurales, tales como la rigidez, la resistencia y la capacidad de plegado pueden proporcionarse mediante un sustrato al que se adhieran los nanofibras. Las nanofibras pueden estar fabricadas con un material de polímero o un polímero con un aditivo conocido por los expertos en la técnica. Adicionalmente, el filtro 12 interior puede ser de unos medios fabricados mediante procesos de moldeado en seco o moldeado en húmedo, incluyendo termofundido, electrohilado, procesos denominados "islands-in-the-sea" (PA6/COPET), películas fibriladas, soplado en fundido, y otros procedimientos conocidos por los expertos en la técnica.

25 Los medios en el filtro 12 interior pueden fabricarse con materiales que tengan propiedades de absorción con afinidad por los componentes microbiológicos u orgánicos, o un material no orgánico como el hierro, el mercurio y el plomo, conocidos por tener un efecto perjudicial sobre la vida de los elementos de membrana de OI. La carga electrostática también puede crearse mediante efectos triboeléctricos dentro de mezclas de nanofibra de fibras tales como, por ejemplo, una mezcla de fibras acrílicas y de nailon. La carga electrostática puede proporcionar una mayor interceptación de las micropartículas a través de la interceptación electrocinética. La interceptación mejorada también puede proporcionarse mediante interceptación mecánica a través de vías de flujo tortuosas.

30 Los medios del filtro 12 interior se pueden usar en forma de lámina, o se pueden moldear, plegar o formar de otro modo en unos medios conformados que tengan una configuración tridimensional. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 2, el plegado del filtro 12 interior puede crearse utilizando procedimientos y componentes conocidos de plegado. En la realización ilustrada de la FIG. 2, el filtro 12 interior comprende una o una pluralidad de láminas filtrantes plegadas, soportadas opcionalmente sobre un núcleo 16. Los plegados pueden estar en una forma ondulada o posicionados en espiral, y pueden tener una sección transversal de bucle o una sección transversal plegada, tal como una sección transversal en forma de M. En la presente memoria, los términos "pliegue", o "plegado" pretenden incluir todas estas formas o posiciones transversales. La estructura plegada proporciona una mayor área de superficie expuesta inicialmente al fluido que sale desde el elemento 14 de filtro de profundidad, en comparación con una construcción de lámina no plegada plana o curva.

40 Un ejemplo de medio para un filtro 12 interior es una lámina (que puede estar plegada) de material en rollo comercializado por Ahlstrom Filtration LLC, bajo la marca registrada Disruptor, o materiales plegados comercializados por Argonide Corporation bajo la marca registrada NanoCeram. Estos son del mismo material y comprenden una masa no tejida de fibras de vidrio, que tienen diámetros por debajo de 200 nm. Unas fibras de alúmina adicionales, con un diámetro de 2 nm y una longitud menor de 250 nm, están unidas a las fibras de vidrio. Las fibras de vidrio forman poros con una eliminación mecánica de partículas con un tamaño de 2 o 3 micrómetros, pero las fuerzas electrostáticas creadas por las fibras de alúmina permiten al medio retener partículas de menos de 1 micrómetro de tamaño. Otro ejemplo de medio para un filtro 12 interior es una matriz de polipropileno no tejido fabricada con fibras de 200 a 400 nm, mediante soplado en fundido por Hollingsworth y Voss. El filtro 12 interior elimina preferiblemente un porcentaje de material del 50 % o más, por ejemplo, de los contaminantes que tengan 1 micrómetro o menos de tamaño, preferiblemente 0,5 micrómetros o menos.

50 La manga 14 exterior comprende un filtro de profundidad y está configurada para rodear el filtro 12 interior. En una realización, el filtro 12 interior tiene un diámetro interior de 2,36 cm y un diámetro exterior de 2,51 cm, y el elemento 14 de filtro de profundidad externo tiene un diámetro interior de 2,54 cm y un diámetro exterior de 6,35 cm. También pueden utilizarse otras dimensiones para el filtro 12 interior y el elemento 14 de filtro de profundidad exterior, sin salirse del ámbito de la invención. Por ejemplo, el filtro 12 interior puede descansar sobre un tubo de soporte que tenga un diámetro exterior de 2,78 cm aproximadamente y que se extienda hasta un diámetro exterior del filtro interior de 5,08 cm o más. El elemento 14 de filtro de profundidad puede tener un diámetro interior para recibir tal filtro 12 interior y extenderse hasta un diámetro exterior de aproximadamente 6,6 cm o más, o de 11,43 cm o más, opcionalmente de hasta 15,24 a 17,78 cm.

60 El elemento 14 de filtro de profundidad puede fabricarse con unos medios soplados en fundido que tengan una masa de filamentos de polímero esencialmente continuos. Los medios tienen una longitud o dimensión longitudinal, una anchura o dimensión latitudinal, y una dimensión de profundidad. Los filamentos principales de los medios soplados en fundido están generalmente orientados en las dimensiones de longitud (x o longitudinal) y de anchura (y o

latitudinal, o circunferencial en el caso de una masa cilíndrica). Preferiblemente, los medios también comprenden filamentos de polímero esencialmente continuos que se extiendan en la dimensión de profundidad (z). En el elemento 14 de filtro de profundidad, los medios permiten la formación de una zona de núcleo interior autoportante que al mismo tiempo proporciona una zona de filtración crítica. Mediante la colocación de un mayor porcentaje de los filamentos de unión (filamentos que se extienden en la dimensión de profundidad) en la zona de núcleo y en aquellas zonas cercanas al núcleo, el elemento 14 de filtro de profundidad puede diseñarse para que presente unas mayores fuerzas de aplastamiento además de una densidad más baja, de lo que presentaría si la misma cantidad de filamentos de unión se distribuyeran uniformemente a través de los medios. En la Patente de Estados Unidos transferida legalmente n.º 6.986.427, se desvela unos medios no tejido tridimensional y un procedimiento de formación de los medios. Polímeros representativos útiles para formar el filtro de profundidad incluyen fibras de poliolefinas, tales como polietileno o polipropileno, celulosa, algodón, poliamidas, poliésteres, fibra de vidrio o similares.

Los medios del elemento 14 de filtro de profundidad utilizan deseablemente una matriz fina de fibras principales con una unión fibra a fibra reducida, para formar una estructura de baja densidad. Al mismo tiempo se coloca intencionalmente una segunda fuente de filamentos en la dimensión z, sobre los medios principales a medida que se forma los mismos, para proporcionar una mejor unión fibra a fibra, así como para interconectar la estructura mecánica. De este modo, dichos filamentos en z forman una estructura porosa más rígida, que tiene una resistencia mecánica significativamente mayor. Los medios principales normalmente se forman en capas esencialmente bidimensionales, con las fibras orientadas en los ejes x e y, y sólo con una unión secundaria entre las capas. Es beneficioso colocar los filamentos de unión en z en las capas de formación de las fibras de medios principales, y a través de dos o más de las capas de medios principales formadas, con estos filamentos de unión en z orientados esencialmente en el eje z con respecto a los medios principales.

Las fibras forman una estera o capa, generalmente bidimensional, de material que formado continuamente para componer una masa 20 de filamentos compuesta de muchas capas de fibras. Estas fibras pueden describirse como depositadas en un plano X-Y, o en las dimensiones longitudinal y circunferencial, o latitudinal. A medida que las fibras se amontonan, capa sobre capa, producen una dimensión radial o de profundidad. Volviendo ahora a la FIG. 3, integrada en la masa 20 se encuentra una fibra o filamento 22 de dirección "z", que se extiende radialmente a través de la masa 20. La masa 20 de filamentos comprende deseablemente una pluralidad de zonas 104, 106, y 108 de filtración concéntricas. En la realización ilustrada, se muestran tres zonas 104, 106, y 108 de filtración. Sin embargo, la masa 20 de filamentos puede contener más o menos zonas sin salirse del ámbito de la invención. Los filamentos 22 en z proporcionan una resistencia adicional a la masa de filamentos en la dirección radial. Los filamentos 22 en z sirven como elementos de refuerzo de la estructura de fibras. Los filamentos 22 en z se extienden a través de la masa 20 de filamentos, y se extienden en las dimensiones radial, longitudinal, y circunferencial.

Las zonas 104, 106, y 108 de filtración poseen preferiblemente diferentes características físicas. Por ejemplo, la zona 104 de filtración puede comprender filamentos de diámetro relativamente menor; la zona 106 de filtración puede comprender filamentos de diámetro intermedio; y zona 108 de filtración puede comprender filamentos de mayor diámetro. Las zonas 104, 106, y 108 de filtración preferiblemente tienen filamentos con diámetros que varíen en tamaño desde menos de aproximadamente 1 micrómetro a aproximadamente 100 micrómetros. Los filamentos 22 en z pueden tener diámetros que sean iguales a, mayores que, o menores que, un diámetro medio de los filamentos de las zonas 104, 106 y 108 de filtración. Las fibras de las zonas 104, 106, y 108 pueden comprender diferentes materiales, pueden ser de diferentes tamaños, o de otra manera pueden tener diferentes propiedades. Por ejemplo, los diámetros de las fibras en cada zona pueden agrandarse progresivamente desde la zona 104 de núcleo hasta la zona 108 de envuelta. Cada zona también puede poseer una densidad diferente a la de cada zona adyacente. Por ejemplo, la densidad de las zonas puede disminuir progresivamente desde la zona 104 de núcleo hasta la zona 108 de envuelta. La zona 104 de filtración puede tener una densidad relativamente alta de filamentos; la zona 106 de filtración puede tener una densidad intermedia de filamentos, y zona 108 de filtración puede tener una menor densidad de filamentos. En otra realización, las zonas 104, 106 y 108 de filtración pueden tener otras variaciones en la densidad.

Es beneficioso insertar los filamentos 22 de unión en z a través de los medios principales, a medida que se están formando, de manera que los filamentos de unión en z se extiendan a través de una o más zonas 104, 106, y 108 de los medios principales. Es beneficioso que los filamentos 22 de unión en z se extiendan a través de todas las capas de los medios principales, y que por lo tanto atraviesen desde una superficie 112 principal de los medios principales acabados hasta la otra superficie 114 principal. En las Figuras 3 y 4, el filamento en z se utiliza como un filamento de unión para producir medios principales de baja densidad que presenten una mejor resistencia a la compresión. Es concebible que pueda utilizarse la inserción del filamento de unión en z a través de una o más capas de los medios principales, a medida que se estén formando, para producir medios con otros beneficios significativos. Por ejemplo, el polímero en z podrá tener características físicas o químicas significativamente diferentes que puedan dar lugar a una mejora significativa en los medios compuestos producidos.

En una realización, la manga 14 de filtro tiene una capa delgada de fibras de unión en una o ambas superficies 112, 114 de los medios en formación, para proporcionar una superficie porosa más acabada. Las fibras de unión se adhieren a las fibras de los medios principales en la superficie 112, 114, y de ese modo eliminan las fibras sueltas en la superficie de los medios. Otro beneficio significativo descubierto es que las fibras de unión se adhieren a las fibras

de la superficie principal, y se conforman a la textura de la superficie. A continuación, las fibras de unión se contraen cuando se enfrían, lo que intensifica la rugosidad de la superficie resultante. De manera sorprendente se observó que la superficie acabada resultante presentaba aproximadamente dos veces el área de superficie de una superficie de medio principal sin acabar. Esta área de superficie aumentada ofrece una serie de beneficios, especialmente útiles para aplicaciones de filtración de partículas. La duplicación del área de superficie de la envuelta puede permitir a la misma tener una porosidad inferior, sin causar una caída de presión excesiva. Además, a medida que se utiliza el elemento 14 de filtro de profundidad, puede acumularse una torta de partículas sobre la superficie de la envuelta, y ser también causa del aumento de la caída de presión. El área de superficie elevada permite una operación extendida antes de incurrir en tales aumentos de la caída de presión. Además, en una realización de un filtro de cartucho, la formación de una envuelta relativamente dura evita la necesidad de encapsular el filtro en una jaula de soporte, después de producir el filtro de cartucho.

En una realización, existe una ausencia general de la unión fibra a fibra dentro de cada una de las zonas 104, 106, y 108. La unión principal dentro de la masa 20 de filamentos se logra mediante la unión entre las fibras 22 de dirección "z" y los filamentos de las zonas 104, 106, y 108. Unas zonas seleccionadas de los medios pueden fabricarse de manera que sean muy rígidas, para proporcionar una capa de filtrado que también soporte las cargas mecánicas resultantes, eliminando así la necesidad de elementos estructurales separados en un dispositivo de filtro dado.

La FIG. 3 ilustra aproximadamente, para una realización, la orientación de las fibras 22 en z. Las fibras 22 en z se colocan de manera continua desde la zona 104 de núcleo, o inferior, hasta la zona 108 de envuelta, o superior, y de vuelta a la zona 104 de núcleo de la masa 20, durante aproximadamente 120 grados o menos de rotación durante la formación de la masa 20. Así, las fibras 22 en z se extienden radialmente, longitudinalmente, y circunferencialmente a través de la masa del filtro 20. En una realización en la que la masa 20 es plana en vez de cilíndrica, puede describirse la fibra 22 en z como que se extiende en las dimensiones de longitud, anchura, y grosor de la masa 20. La masa 20 de filtro se acumula y puede incluir una red de fibras 22 en z que actúen para mantener juntas las fibras de las zonas 104, 106, y 108 en las tres dimensiones, otorgando con ello resistencia a la masa 20 de filamentos y proporcionando apoyo a la tracción. Debido a que las fibras de la masa 20 se mantienen en su lugar en las tres direcciones, los momentos de flexión de las fibras finas se reducen al mínimo, minimizando así la liberación y canalización de la suciedad durante el aumento de las caídas de presión. De lo contrario, son de esperar tales liberación y canalización indeseables de la suciedad cuando se utilizan este tipo de fibras finas en medios de baja densidad.

En una realización, las fibras de las zonas 104, 106, y 108 comprenden aproximadamente del 75 al 95 por ciento de las fibras de la masa 20 de filtro, y las fibras 22 en z comprenden aproximadamente del 5 al 25 por ciento de las fibras de la masa 20 de filtro; más preferiblemente, las fibras de las zonas 104, 106, y 108 comprenden aproximadamente del 80 al 90 por ciento de las fibras de la masa 20 de filtro, y las fibras 22 en z comprenden aproximadamente del 10 al 20 por ciento de las fibras de la masa 20 de filtro; más preferiblemente, las fibras de las zonas 104, 106, y 108 comprenden aproximadamente el 85 por ciento de las fibras de la masa 20 de filtro, y las fibras 22 en z comprenden aproximadamente el 15 por ciento de las fibras de la masa 20 de filtro. En una realización, en la zona 104 de núcleo está depositado un mayor porcentaje de fibras 22 en z que en las zonas 106 y 108. Por ejemplo, las fibras 22 en z pueden constituir aproximadamente el 25 % de las fibras totales en la zona 104 de núcleo, y aproximadamente el 3 % en la zona 108 de envuelta. Esta configuración proporciona una resistencia añadida a la región central de la masa 20 de filtro, que se requiere para mantener la resistencia al aplastamiento del filtro, durante su uso.

La construcción única de la masa 20 de filamentos permite un alto volumen hueco sin sacrificar la resistencia, mediante la fijación de las fibras en una estructura abierta pero soportada. Así, la masa 20 de filamentos de la presente invención presenta relaciones entre resistencia mecánica y peso significativamente mejores que los medios de la técnica anterior. La masa 20 de filamentos se puede formar con cualquier espesor deseado. En una realización, la masa 20 de filamentos tiene un diámetro interior de aproximadamente 2,32 cm y un diámetro exterior de aproximadamente 6,35 cm. En una realización, la masa 20 de filamentos tiene una masa de aproximadamente 95 gramos o menos por cada sección de 2,54 cm, y una resistencia al aplastamiento de al menos aproximadamente 2,75 bar. Un gran volumen hueco resulta en una masa 20 de filamentos con mayor capacidad de retención de la suciedad, una vida útil del elemento más larga, y una menor caída de la presión. Adicionalmente, permite producir la masa 20 de filamentos más rápidamente y con menos material, en comparación con los filtros convencionales. En una realización preferida, puede producirse una sección de 2,54 cm de la masa 20 de filamentos en unos 15 segundos y presentar un índice de retención del 90 % para 20 micrómetros.

La FIG. 4 ilustra una vista en alzado de una segunda realización de un elemento de filtro de profundidad. De manera similar a la realización mostrada en la FIG. 3, la masa 20 de filamentos incluye una primera superficie 112 principal, una segunda superficie 114 principal y unas zonas 164, 166 y 168 de filtración concéntricas, con una resistencia adicional de la masa de filamentos en la dirección radial, proporcionada por unas fibras o filamentos 22 y 172 en z. Los filamentos 22 y 172 en z sirven como un elemento de refuerzo para la masa 20 de fibras. Los filamentos 22 y 172 en z se extienden a lo largo de la masa 20 de filamentos, y se extienden en las dimensiones radial, longitudinal y circunferencial.

Las fibras 22 en z se producen como se describe con referencia a la FIG. 3 anterior. La fibra 172 en z se coloca a través de las zonas 164, 166, y 168 de tal manera que se extienda radialmente, longitudinalmente, y circunferencialmente a través de la masa 127 de filtro. En caso de que la masa 127 sea plana en lugar de cilíndrica, se puede describir la fibra 172 de adherencia como que se extiende en las dimensiones de longitud, anchura, y de grosor de la masa 20. En una realización preferida, la fibra 172 en z se posiciona de modo que atraviere una o más zonas 164, 166, y 168; sin embargo, no es necesario que atraviere todas las zonas 164, 166, y 168.

Puede producirse un núcleo de filtración fuerte e integral sin aumentar significativamente la densidad de los medios. Esto se logra depositando fibras 22 y 172 de unión, o en z, sobre las fibras de filtración principales de las zonas 164, 166 y 168 durante el proceso de soplado en fundido. La energía térmica adicional de las fibras 22 y 172 de unión permite que las fibras de filtración principales, de polipropileno altamente amorfo, aumenten significativamente su cristalinidad, lo que, a su vez, refuerza los medios. Adicionalmente, en una realización, una o ambas de las fibras 22 y 172 en z tienen diferentes propiedades de material que las fibras principales de las zonas 164, 166 y 168. Por ejemplo, las fibras 22 y/o 172 pueden ser catalizadoras de reacciones, o materiales absorbentes o adsorbentes de toxinas, virus, proteínas, sustancias orgánicas, o metales pesados. En una realización preferida, los diámetros de las fibras o filamentos 22 y 172 de refuerzo estructural son comparables a los diámetros de las fibras de filtración principales en las zonas 164, 166, y 168, de manera que las fibras 22 y 172 no sólo contribuyen a la resistencia de la masa 20 de filamentos, sino también a sus capacidades de filtración.

Cuando se utiliza en el conjunto 10 de filtro de cartucho, para el pretratamiento de agua corriente arriba de una membrana de ósmosis inversa, al menos una zona 108, 168 interna del elemento 14 de filtro de profundidad tiene una eficiencia de eliminación del 90 % para un tamaño de partícula en el intervalo de 0,5 a 10 micrómetros, preferiblemente en el intervalo de 1 a 5 micrómetros. Esta eficiencia de eliminación se logra mediante el uso de filamentos para la zona interior, que tengan un diámetro en el intervalo de aproximadamente 1 micrómetro a aproximadamente 20 micrómetros. Pueden utilizarse filamentos de mayor diámetro, de hasta 400 micrómetros, en zonas exteriores para reducir la caída de presión en el elemento 14 de filtro de profundidad. Opcionalmente, ajustando la temperatura y el caudal de los filamentos para la zona 108, 168 interior, y, opcionalmente, aplicando compresión mientras se forma la zona 108, 168 interior, pueden fabricarse la zona 108, 168 interior con un tamaño de poro de 3 micrómetros o menos, o de 1 micrómetro o menos, de manera que el elemento 14 de filtro de profundidad proporcione una eliminación absoluta de las partículas de 3 micrómetros o las partículas de 1 micrómetro.

Opcionalmente, puede construirse un conjunto 10 de filtro con el filtro 14 de profundidad situado dentro del filtro 12 interior. En ese caso, el agua de alimentación se alimenta a través de uno o ambos caperuzones extremos al interior del conjunto 10 de filtro, y el filtrado se recoge de la carcasa en el exterior del conjunto 10 de filtro.

Opcionalmente, una capa de soporte puede estar dispuesta entre el filtro 12 interior y el elemento 14 de filtro de profundidad. Esta capa de soporte puede fabricarse, por ejemplo, con una criba enrollada dentro de un tubo o una malla extruida estirada en una criba tubular, o un tubo extruido perforado. En aplicaciones con una alta temperatura o viscosidad, o que estén sujetas a volcaduras con alto contenido de sólidos, la capa de soporte adicional puede ser útil para reducir la presión aplicada desde el elemento 14 de filtro de profundidad sobre el filtro 12 interior, lo que a su vez puede evitar la rasgadura o el aplastamiento de los pliegues en el filtro 12 interior.

En un ensayo experimental, se filtró agua de alimentación mediante un filtro de profundidad convencional, y mediante un elemento de filtro de cartucho que combinaba un filtro de profundidad y un filtro de superficie, en un ensayo lado a lado. El agua de alimentación era una mezcla sintetizada de partículas contaminantes orgánicas, biológicas y rígidas en agua con un SDI medido comprendido entre 4 y 6. El filtro de profundidad convencional tenía un diámetro exterior de 6,6 cm y estaba soportado en un tubo de núcleo poroso con un diámetro interno de 2,79 cm. El filtro de profundidad convencional era capaz de eliminar partículas de 10-12 micrómetros con una eficiencia del 90 %. El filtro combinado utilizaba el mismo tubo de núcleo y tenía un diámetro exterior similar de aproximadamente 6,6 cm. El filtro combinado incluía un filtro de profundidad de densidad graduada, de polipropileno soplado en fundido, con una zona interior que tenía una eficiencia de eliminación del 90 % de los contaminantes de 3 micrómetros, y una zona exterior con una eficiencia de eliminación del 90 % para contaminantes de entre 15 y 20 micrómetros. Este filtro de profundidad tenía una profundidad (espesor de pared) de 3,17 cm. El filtro de superficie era una lámina no tejida de nanofibras de polipropileno (PP), que tenían unos diámetros en el intervalo de 200 a 600 nm, plegadas en un tubo con una profundidad de 1,14 cm. Tanto el filtro de profundidad convencional como el filtro combinado tuvieron similares profundidades de filtro totales, y estaban montados en carcasas de cartucho similares.

Se midió el SDI del agua filtrada de cada filtro en varios momentos del tiempo, y los resultados se muestran en la siguiente Tabla 1. En la Tabla 1, el filtro de profundidad convencional se denomina "CDF" y el filtro combinado se denomina "CF". Como se indica en la Tabla 1, el filtro de profundidad convencional tuvo muy poco efecto, en caso de haberlo, sobre el SDI, mientras que el filtro combinado redujo el SDI a un intervalo que sería beneficioso para la operación de las membranas de OI aguas abajo.

Tabla 1

| Tiempo (minutos) | SDI de la Alimentación | SDI de Filtrado del CDF | SDI de Filtrado del CF |
|------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| 0 | 4 | 5 | 1 |
| 120 | 5 | 5 | 1 |
| 300 | 6 | 5 | 2 |
| 540 | 6 | 4 | 1 |

5 Se cultivaron bacterias en placas de ensayo expuestas a la alimentación y a los filtrados. El filtro de profundidad convencional mostró una baja eliminación de las bacterias, en caso de haberla, mientras que el filtrado del filtro combinado presentaba claramente una concentración reducida de bacterias. Por lo tanto, es previsible que el filtro combinado reducirá el ensuciamiento bacteriano en las membranas.

10 Basándose en una inspección visual, la porción de filtro de profundidad del filtro combinado había retenido aproximadamente un 30 % de los contaminantes en la corriente de alimentación, y el filtro de superficie aproximadamente el 70 %. Por consiguiente, el filtro de profundidad contribuyó a la eliminación del SDI y al alargamiento de la vida útil del filtro de superficie. La corriente de alimentación de ensayo presentaba un bajo SDI, representativo sólo de corrientes de alimentación naturales con ensuciamiento muy bajo o de una corriente de alimentación pretratada. Cuando se vea expuesto a una corriente de alimentación natural con un mayor SDI y con contaminantes más grandes, es previsible que el filtro de profundidad eliminará un porcentaje mayor de los contaminantes. Sin embargo, en tal caso también se alcanzará antes la capacidad máxima de retención de la

15 suciedad del filtro de profundidad. Por consiguiente, para algunas corrientes de alimentación resultará preferible aumentar el grosor del filtro de profundidad, por ejemplo entre 1,27 cm y 2,54 cm o más, para ajustar mejor la vida útil esperada del filtro de profundidad y el filtro de superficie.

20 Si bien las realizaciones ilustradas están dirigidas a conjuntos 10 de filtro de cartucho cilíndrico con un elemento 14 de filtro de profundidad exterior, debe comprenderse que también se contemplan otras realizaciones. Por ejemplo, las enseñanzas de la invención pueden adaptarse a productos planos, laminares, o planares. Tal producto plano puede producirse, por ejemplo, cortando el filtro de cartucho cilíndrico a lo largo de su longitud para obtener una lámina de material.

REIVINDICACIONES

1. Un filtro de cartucho, que comprende,
 - a) un elemento (14) de filtro de profundidad; y,
 - b) un segundo elemento (12) de filtro aguas abajo,
- 5 en el que,
 - c) el elemento (14) de filtro de profundidad comprende una masa de filamentos de polímero soplados en fundido, y tiene una eficiencia de eliminación del 90 % para un tamaño de contaminantes en el intervalo de 0,5 micrómetros a 10 micrómetros; y,
 - 10 d) el segundo elemento (12) de filtro comprende fibras que tienen un diámetro de 1 micrómetro o menor, y tiene una eficiencia de eliminación del 50 % o más para un tamaño de contaminantes de 1 micrómetro o menor.
2. El filtro (10) de cartucho de la reivindicación 1, en el que el elemento (14) de filtro de profundidad es tubular y el segundo elemento (12) de filtro se encuentra dentro de un agujero del elemento de filtro de profundidad.
3. El filtro (10) de cartucho de la reivindicación 2, en el que el segundo elemento (12) de filtro tiene la forma de una lámina plegada, enrollada dentro de un tubo.
- 15 4. El filtro (10) de cartucho de la reivindicación 3, en el que el elemento (14) de filtro de profundidad y el segundo elemento (12) de filtro están sellados en sus extremos a unas caperuzas extremas, estando adaptada al menos uno de los caperuzones extremos para conectar con la salida de una carcasa de filtro.
5. El filtro (10) de cartucho de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el elemento (14) de filtro de profundidad comprende múltiples zonas (104, 106, 108) que ocupan diferentes regiones con las profundidades del elemento de filtro de profundidad, y la densidad de las zonas aumenta, o el diámetro de sus filamentos disminuye, hacia un lado aguas abajo del elemento de filtro de profundidad.
- 20 6. El filtro (10) de cartucho de la reivindicación 5, que comprende uno o más filamentos (22) de polímero, soplados en fundido, que atraviesan dos o más de las zonas (104, 106, 108).
7. El filtro (10) de cartucho de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el elemento (14) de filtro de profundidad tiene una eficiencia de eliminación del 90 % para un tamaño de contaminante en el intervalo de 1 micrómetro a 5 micrómetros.
- 25 8. El filtro (10) de cartucho de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el segundo elemento (12) de filtro comprende fibras o partículas que tienen un diámetro de 0,5 micrómetros o menor, y tiene una eficiencia de eliminación del 50 % o más para un tamaño de contaminante de 0,5 micrómetros o menor.
- 30 9. Un procedimiento de tratamiento de agua de alimentación, que comprende las etapas de,
 - a) filtrar el agua de alimentación con un filtro (10) de cartucho de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, para producir un filtrado; y,
 - b) filtrar el filtrado con una membrana de ósmosis inversa.

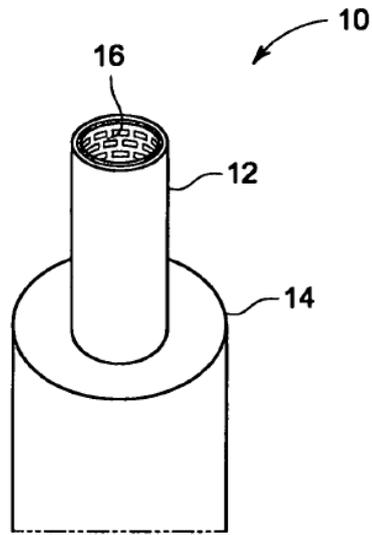


FIG. 1

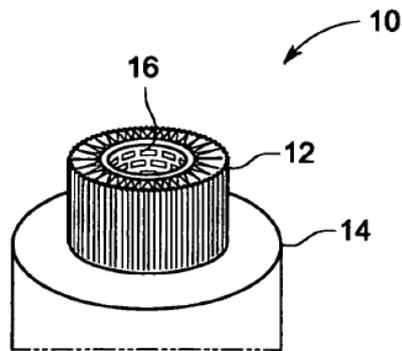


FIG. 2

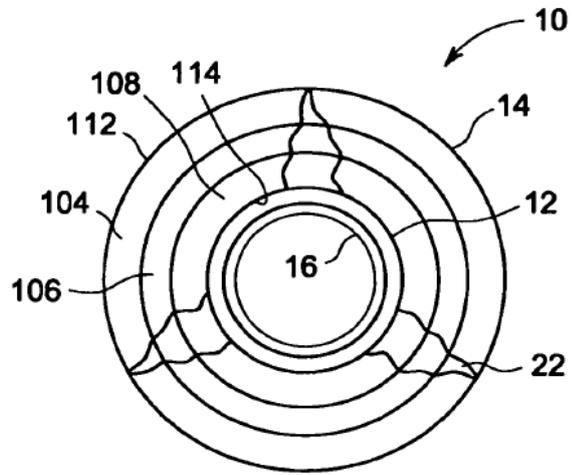


FIG. 3

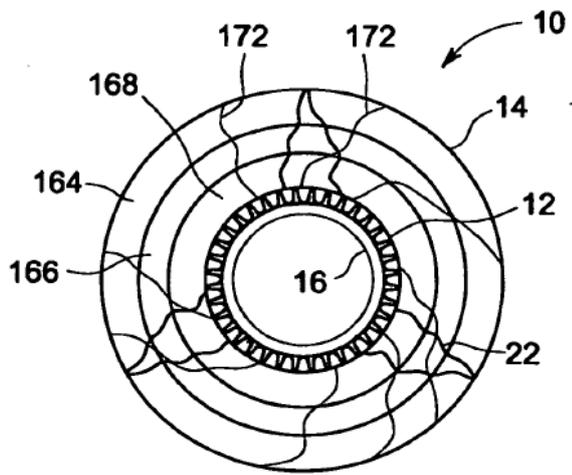


FIG. 4