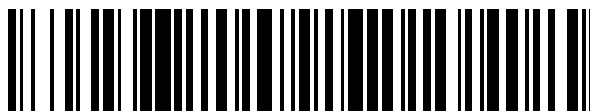


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 588 249**

51 Int. Cl.:

**B01D 29/35** (2006.01)

**B01D 29/64** (2006.01)

**B01D 39/10** (2006.01)

**B01D 41/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.03.2011 PCT/US2011/027996**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.09.2011 WO11112872**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.03.2011 E 11754117 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.08.2016 EP 2544787**

54 Título: **Dispositivo y métodos de filtración de fluido y concentración de partículas**

30 Prioridad:

**12.03.2010 US 340072 P**

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

**31.10.2016**

73 Titular/es:

**SPIRAL WATER TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)  
999 Andersen Drive, Suite 140  
San Rafael, CA 94901, US**

72 Inventor/es:

**LEVITT, DAVID J.**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 588 249 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

Dispositivo y métodos de filtración de fluido y concentración de partículas

5 La presente solicitud se refiere a la filtración de partículas de corrientes de fluido y, más específicamente, a sistemas de filtro y su uso.

Antecedentes de la invención

10 Los sistemas de filtro contienen dispositivos de limpieza, tales como cepillos de limpieza, dispositivos de exploración por succión y mecanismos de retrolavado. Estos dispositivos se accionan mediante diversos medios que incluyen a mano, motor, turbina o vórtice. Sin embargo, los dispositivos de filtración de fluido existentes tienen dificultad  
15 manejando grandes concentraciones de sólidos en la corriente de fluido. Generalmente los mecanismos de limpieza que puede operar continuamente mientras el sistema filtra superan el rendimiento de aquellos que requieren que el sistema de filtración se detenga para su limpieza. Y además, los mecanismos de limpieza continuos existentes a menudo sufren de fallos prematuros cuando el índice de acumulación de partículas excede sus índices de limpieza limitadas.

20 El documento US 4085050 (sobre el que se basa el preámbulo de la reivindicación 1) divulga un dispositivo de filtración con medios para la limpieza del filtro después de que la operación de filtrado haya terminado. El fluido a filtrarse se introduce a través de un primer conducto y se introduce agua limpia para la limpieza del filtro a través de un segundo conducto durante la limpieza y distribuida al filtro.

Sumario de la invención

25 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporcionan dispositivos de filtración de fluido. En algunas realizaciones un dispositivo de filtración de fluido comprende un alojamiento hueco que comprende una entrada y salida filtrada, un conjunto de filtro hueco situado dentro del alojamiento y un conjunto de limpieza giratorio situado dentro del filtro. El alojamiento hueco y/o el conjunto de filtro pueden ser cilíndricos. El conjunto de filtro comprende  
30 un material de filtro con una superficie interior y una superficie exterior y poros expandibles que son más estrechos en la superficie interior que en la superficie exterior. El dispositivo de filtración puede comprender un motor que gira el conjunto de limpieza.

35 El material de filtro puede comprender una superficie interior lisa y puede ser, por ejemplo, una rejilla de níquel electroformada. Los poros expandibles pueden ser poros con forma de ranura y en algunas realizaciones los poros con forma de ranura se orientan sustancialmente con el eje de giro del conjunto de limpieza. Los poros pueden ser por ejemplo, desde aproximadamente 1 micrón (aproximadamente 1  $\mu\text{m}$ ) de ancho a aproximadamente 500 micrones (aproximadamente 500  $\mu\text{m}$ ) de ancho en el punto más estrecho.

40 El conjunto de limpieza puede comprender una o más escobillas, tales como cepillos, rasquetas o raspadores. En algunas realizaciones el conjunto de limpieza comprende una escobilla con forma de espiral. La escobilla puede precargarse contra la superficie interior del material de filtro. Sin embargo, en otras realizaciones la escobilla no toca el material de filtro.

45 En algunas realizaciones, el conjunto de limpieza comprende un distribuidor que tiene una o más aberturas. El distribuidor puede comprender un tubo hueco orientado paralelo a y que se extiende la longitud del filtro cilíndrico. Adicionalmente el distribuidor puede comprender una o más aberturas a lo largo de su longitud. El distribuidor también comprende un extremo abierto en comunicación fluida con la entrada en el alojamiento.

50 Un regulador de contrapresión diferencial puede situarse en la salida filtrada del alojamiento. En algunas realizaciones el regulador de contrapresión diferencial se configura para mantener la presión a través del material de filtro a menos de 5 psi. En otras realizaciones un regulador de presión puede situarse en la entrada y un regulador de contrapresión situado en la salida filtrada. En algunas de tales realizaciones, el regulador de presión y el regulador de contrapresión se configuran para mantener la presión a través del filtro a menos de 5 psi (35 kPa).

55 En otras realizaciones, se proporciona un dispositivo de filtración que comprende un alojamiento y un filtro anular dentro del alojamiento. El filtro puede comprender poros que son más estrechos en una superficie interior del filtro que en la superficie exterior del filtro. En algunas realizaciones los poros pueden ser poros con forma de ranura. El alojamiento comprende una entrada que se comunica con la superficie interna del filtro y una salida que se comunica  
60 con un espacio entre la superficie externa del filtro y el alojamiento. Además, el dispositivo de filtración comprende un regulador de contrapresión diferencial en la salida que se configura para regular la presión a través del filtro a menos de aproximadamente 5 psi (aproximadamente 35 kPa). El filtro puede ser por ejemplo, una rejilla electroformada, tales como una rejilla de níquel electroformada.

65 En algunas realizaciones un conjunto de limpieza se sitúa dentro del filtro. El conjunto de limpieza puede comprender una escobilla.

En otro aspecto, se proporcionan métodos de filtrado de fluido. En algunas realizaciones un dispositivo de filtración se proporciona que comprende un alojamiento, un filtro anular situado dentro del alojamiento y un conjunto de limpieza que comprende una o más escobillas situadas dentro del filtro. El filtro puede comprender una superficie interna, una superficie externa y poros que son más anchos en la superficie externa que en la superficie interna. En algunas realizaciones el filtro es una rejilla de níquel electroformada.

El fluido se suministra en el interior del filtro y pasa a través del filtro desde el interior al exterior. En algunas realizaciones el fluido se suministra en el interior del filtro a través de un distribuidor situado dentro del filtro anular. El conjunto de limpieza se gira dentro del filtro de tal forma que la una o más escobillas frotan la superficie interna del filtro. En algunas realizaciones una o más escobillas contactan la superficie interna del filtro. En otras realizaciones las escobillas no contactan la superficie del filtro.

Al menos una de las escobillas puede ser, por ejemplo, un cepillo, rasqueta o raspador. En algunas realizaciones las escobillas son espirales. El frotado puede mover partículas filtradas desde la superficie interna del filtro a una zona de recogida en un extremo del alojamiento.

En otras realizaciones, métodos de filtrado de un fluido comprenden pasar el fluido a través de un filtro anular que comprende poros expandibles, en el que el filtro anular tiene una superficie interna y una superficie externa y los poros se expanden desde la superficie interna a la superficie externa. El fluido pasa del interior del filtro anular al exterior del filtro. La presión a través del filtro puede mantenerse a menos de aproximadamente 5 psi (aproximadamente 35 kPa). En algunas realizaciones el filtro comprende una rejilla electroformada, tal como una rejilla de níquel electroformada.

En algunas realizaciones, el filtro puede situarse dentro de un alojamiento que comprende una entrada en comunicación fluida con el interior del filtro y una salida en comunicación fluida con el exterior del filtro. La presión puede mantenerse a través del filtro usando un regulador de contrapresión diferencial situado en la salida. En otras realizaciones, la presión a través del filtro se mantiene usando un regulador de presión diferencial en la entrada y un regulador de contrapresión en la salida. Aún en otras realizaciones, la presión a través de la membrana se mantiene usando un regulador de presión en la entrada y un regulador de contrapresión en la salida.

La superficie interna del filtro puede frotarse con una o más escobillas. Las escobillas puede girarse dentro del filtro anular.

#### Breve descripción de los dibujos

En las figuras adjuntas se ilustran diversas realizaciones a modo de ejemplo. Números de referencia similares se refieren a elementos similares.

La Figura 1 es una vista en despiece que ilustra cada uno de los componentes principales de una realización de un sistema de filtro.

La Figura 2 es una ilustración de un sistema de filtro donde el filtro se sella al alojamiento en cada extremo y el conjunto de limpieza comprende escobillas. El alojamiento, filtro y tapa se muestran de forma recortada mientras el conjunto de limpieza no se muestra de forma recortada. Debería apreciarse que el sistema de filtro de la Figura 2 no se encuadra dentro del alcance de la invención.

La Figura 3 es una ilustración de otra realización del sistema de filtro donde el conjunto de filtro se sella al alojamiento en cada extremo y el conjunto de limpieza comprende escobillas y un distribuidor. El alojamiento, filtro y tapa se muestran de forma recortada mientras el conjunto de limpieza no se muestra de forma recortada.

La Figura 4 es una ilustración de una realización del sistema de filtro donde el conjunto de filtro se sella al alojamiento en un extremo y la tapa en el otro extremo y el conjunto de limpieza comprende escobillas y un distribuidor. El alojamiento, filtro y tapa se muestran de forma recortada mientras el conjunto de limpieza no se muestra de forma recortada.

La Figura 5 ilustra una realización del conjunto de filtro que comprende una estructura de soporte de filtro y un material de filtro.

La Figura 6 es una ilustración esquemática de una sección transversal de un material de filtro que tiene una superficie de trabajo lisa y poros expandibles.

La Figura 7 es una ilustración esquemática de una sección transversal de un material de filtro que tiene poros expandibles y una superficie de trabajo lisa en la que el límite de la abertura del poro en la anchura mínima de la abertura del poro (la parte del poro más estrecha) define sustancialmente el punto local más alto en la superficie de trabajo.

La Figura 8 ilustra una porción de la superficie de un material de filtro que comprende un patrón alternante de poros con forma de ranura.

La Figura 9 ilustra una porción de la superficie de un material de filtro que comprende un patrón no alternante de poros con forma de ranura.

La Figura 10 ilustra un surco en un conjunto de limpieza que captura el refuerzo flexible de una escobilla.

La Figura 11 ilustra una realización del conjunto de limpieza que comprende un distribuidor con agujeros espaciados uniformemente dispuestos en un patrón espiral.

La Figura 12 ilustra una realización del conjunto de limpieza que comprende un distribuidor con ranuras dispuestas en un patrón espiral.

La Figura 13 ilustra una realización del sistema de filtro en corte que muestra el conjunto de limpieza soportado por el tubo de entrada.

5 La Figura 14 ilustra una realización del sistema de filtro en corte que muestra el conjunto de limpieza soportado por un árbol de transmisión en un extremo del alojamiento.

La Figura 15 es una realización del conjunto de limpieza donde la escobilla espiral forma un divisor que divide la zona de recogida de la zona de distribución del alojamiento.

10 La Figura 16 es una representación esquemática de un sistema de filtro con una disposición de diversos componentes del sistema de fluido que pueden usarse para operar el sistema de filtro.

#### Descripción detallada

15 Los métodos, sistemas y componentes descritos en este documento se refieren a sistemas de filtro para separar sólidos de fluidos. Los fluidos puede comprender aire u otro gas; o agua, petróleo, combustible u otro líquido. En algunas aplicaciones el fluido es el producto final. Tales aplicaciones puede incluir, pero no están limitadas a, agua potable, aguas residuales, agua reciclada, irrigación, piscinas, procesamiento de alimentos y bebidas, agua producida a partir de la producción de petróleo y gas, torres de refrigeración, centrales eléctricas y aguas de lastre marina o de sentina. A modo de ejemplo, el agua potable a menudo se produce mediante una serie de filtros que

20 retiran las partículas y contaminantes cada vez más finos. Un primer o segundo nivel de filtración puede comprender una criba automática para retirar partículas de hasta 10 micrones (10  $\mu\text{m}$ ) de diámetro. El agua filtrada podría transportarse a un filtro más fino como un ultra filtro, micro filtro o filtro de ósmosis inversa. Algunas realizaciones de los sistemas de filtro descritas en este documento son muy adecuadas para esta aplicación.

25 En otras aplicaciones, tales como producción de biocombustible y otras tecnologías de biomasa, un material en partículas se separa de una corriente de fluido y el sólido filtrado es el producto deseado. A modo de ejemplo, pueden recolectarse algas del agua en la que crece con el propósito de hacer biodiesel. Las algas se filtran primero del agua y se concentra en una pasta. El aceite se extrae de la algas mediante extracción con disolventes u otros medios y a continuación se convierte en biodiesel a través de un proceso químico llamado transesterificación.

30 Algunas realizaciones de los sistemas de filtro descritas en este documento son muy adecuadas para retirar algas de su medio líquido de crecimiento para estos propósitos.

#### Alojamiento y Conjunto de Tapa

35 En algunas realizaciones, un sistema de filtro comprende un alojamiento hueco, un conjunto de filtro hueco, un conjunto de limpieza y un conjunto de tapa. Una realización de tal sistema de filtro se ilustra en la Figura 1. El sistema de filtro 10 como se ilustra en la Figura 1 comprende un alojamiento hueco 100, un conjunto de filtro hueco 200, un conjunto de limpieza 300 y un conjunto de tapa 400.

40 El alojamiento hueco puede tomar cualquiera de una variedad de formas. En la realización ilustrada el alojamiento hueco 100 tiene generalmente una forma cilíndrica y comprende de una o más partes acopladas juntas, tales como mediante sujetadores, una abrazadera de banda v u otros conectores adecuados. Adicionalmente el sistema de filtro 10 tiene un conjunto de tapa 400 en un extremo del alojamiento 100 que también se acopla al alojamiento 100, por ejemplo mediante uno o más sujetadores, una abrazadera de banda v u otros conectores adecuados. El alojamiento

45 100 y conjunto de tapa 400 pueden fabricarse de una o más de una variedad de materiales, ejemplos de los cuales son plástico, fibra de vidrio, acero inoxidable y acero recubierto de epoxi.

El conjunto de filtro tiene habitualmente forma anular. Como se ilustra, el conjunto de filtro 200 toma la forma de un cilindro hueco y se sitúa dentro de y concéntrico con el alojamiento 100. El conjunto de filtro 200 comprende un

50 material de filtro, tal como una membrana de filtro, y en algunas realizaciones puede comprender un almacén de filtro u otra estructura de soporte. En algunas realizaciones el conjunto de filtro está generalmente abierto en ambos extremos y contacta el alojamiento, por ejemplo a través de una junta en uno o ambos extremos. Ejemplos de juntas son juntas tóricas, juntas en X, juntas en U y juntas planas. En la realización ilustrada, el conjunto de filtro 200 sella el alojamiento 100 en un extremo y el conjunto de tapa 400 en el otro extremo. La tapa así como el otro extremo del

55 alojamiento pueden ser planos, semielíptico, semiésferico u otra forma adecuada.

La combinación de alojamiento y tapa tiene una o más de cada una de una entrada, una salida filtrada y una salida de drenaje. En algunas realizaciones una o más entradas generalmente se sitúan en un extremo del sistema de

60 filtro, mientras una o más salidas filtradas y salidas de drenaje generalmente se sitúan en extremos opuestos del sistema de filtro de la una o más entradas. En otras realizaciones, pueden usarse otras disposiciones. La una o más entradas y salidas pueden posicionarse en cualquier combinación de la pared lateral del alojamiento, el extremo del alojamiento y la tapa. Las entradas proporcionan una trayectoria para que el fluido fluya de una fuente al interior del conjunto de filtro donde contacta con la superficie de trabajo del material de filtro. La salida filtrada proporciona una trayectoria para fluidos que han pasado a través del material de filtro para salir del alojamiento. Las salidas de

65 drenaje proporcionan una trayectoria para fluidos y/o sólidos que no pasan a través del material de filtro para ser retiradas del alojamiento.

5 Cuando el conjunto de filtro se sella al alojamiento, como se ilustra en las Figuras 2 y 3, o al alojamiento y tapa como se ilustra en la Figura 4, se crean una zona afluente sin filtrar 210 y una zona efluente filtrada 212 que se comunican solo a través del material de filtro 214. La entrada 101, zona de entrada 118 y salida de drenaje 103 se comunican con la zona afluente 210 en el interior del filtro 214, mientras la salida filtrada 102 se comunica con la zona efluente filtrada 212 en el exterior del filtro 214. La salida de drenaje 103 puede estar en comunicación con una zona de recogida 116 donde se recogen fluido sin filtrar y sólidos filtrados. Los sólidos que se recogen en la superficie de trabajo del material de filtro 214 durante la operación del sistema de filtro 10 pueden moverse mediante la acción de las escobillas 316 a la zona de recogida. Un divisor 325 puede situarse entre la zona de recogida 116 y la zona sin filtrar 210. En algunas realizaciones, por ejemplo cuando el fluido filtrado es un líquido, la salida filtrada 102 se sitúa y el alojamiento se orienta para facilitar la expulsión de aire del sistema. Esto puede lograrse, por ejemplo, posicionando la salida filtrada 102 en o sobre el punto más alto del material de filtro 214. De esta manera hay poca o ninguna necesidad de una válvula de purga de aire. Sin embargo, no se requieren dichas orientaciones de la salida filtrada 102 y del alojamiento y en algunas realizaciones el alojamiento 100 comprende una válvula de purga de aire.

15 Las Figuras 2 y 3 ilustran disposiciones donde la entrada 101 se sitúa en el mismo extremo del alojamiento que la salida filtrada 102, aunque en paredes laterales opuestas. La Figura 4 ilustra otra realización donde la entrada 101 se sitúa en el mismo extremo del alojamiento que la salida de drenaje 103.

#### 20 Conjunto de filtro

25 En algunas realizaciones un conjunto de filtro cilíndrico hueco 200 comprende un material de filtro 232 y una estructura de soporte 230, como se ilustra en la Figura 5. En algunas realizaciones, sin embargo, el material de filtro 232 no requiere de una estructura de soporte 230 y por lo tanto no se usará una estructura de soporte. En algunas realizaciones el material de filtro es un filtro de superficie. En las disposiciones ilustradas en las Figuras 2, 3 y 4, el fluido pasa de la zona afluente 210 en interior del filtro a la zona efluente 212 en el exterior del filtro. De esta manera las partículas filtradas se recogen en la superficie de trabajo interior del filtro 214. Materiales adecuados de filtro incluyen pero no se limitan a rejillas electroformadas, filtros de discos apilados, tejidos y membranas, metales tejidos, rejillas de metal grabadas y filtros de alambre trapezoidal. El material de filtro puede disponerse para formar una estructura anular, como en la realización ilustrada en la Figura 5.

30 En algunas realizaciones se usa una estructura de soporte. Por ejemplo, con materiales de filtro finos, tales como rejillas, tejidos y otras membranas, puede usarse una estructura de soporte para mantener la forma deseada, habitualmente una forma anular o cilíndrica. La estructura de soporte puede también contener juntas en cada extremo del filtro o hacer contacto con las juntas en cada extremo del alojamiento. En algunas realizaciones se usa una estructura de soporte de plástico de PVC para soportar un material de filtro cilíndrico hueco. En otras realizaciones, una estructura de soporte comprende aberturas, donde las aberturas están cubiertas con el material de filtro.

35 Una estructura de soporte puede consistir en una o más partes. Como se ilustra en la Figura 5, la estructura de soporte 230 puede montarse a partir de tres piezas que incluyen dos tapones de extremo tubulares sólidos 201 y una sección central de apoyo 202 con una malla de nervaduras 238. Cada uno de los tapones de extremo 201 puede comprender una junta. Por ejemplo, cada tapón de extremo 201 puede tener un surco de junta tórica para contener una junta tórica 220. En realizaciones donde el soporte 230 se hace de PVC, puede usarse cemento de disolvente de PVC para unir las tres piezas estructurales y simultáneamente capturar los extremos abiertos del cilindro de material de filtro. En otras realizaciones del conjunto de filtro el material de filtro se coloca en un modo de inyección y el armazón se moldea directamente en el material de filtro en una o más fases. Puede hacerse un armazón de plástico de cualquier número de plásticos adecuados incluyendo, por ejemplo, PVC, polipropileno y policarbonato. En otras realizaciones de la invención la una o más partes de la estructura de soporte están hechas de acero inoxidable u otros materiales adecuados y soldadas o unidas al material de filtro. En realizaciones adicionales la sección central de apoyo se hace de una envoltura de un material de rejilla que puede ser, por ejemplo, plástico o metal y que puede soldarse o unirse al material de filtro. En otras realizaciones el material de filtro puede soportarse por un alambre trapezoidal envuelto en una forma espiral alrededor del exterior del material de filtro.

40 La diferencia de presión a través del material de filtro, también referida en este documento como presión transmembrana (incluso aunque el material de filtro no siempre es una membrana), provoca flujo a través del material de filtro. La presión transmembrana habitualmente se mantiene en un valor constante durante todo el proceso de filtrado, pero puede variar en ciertas circunstancias, tales como, para la limpieza. En algunas realizaciones la presión transmembrana puede ser de aproximadamente 10 psi (aproximadamente 70 kPa) o menos, por ejemplo de aproximadamente 0,1 a 10 psi (aproximadamente 0,7 a 69 kPa). En otras realizaciones la presión transmembrana puede ser de aproximadamente 0,1 a 3 psi (aproximadamente 0,7 a 21 kPa), de 0,1 a 2 psi (0,7 a 14 kPa) o de 0,1 a 1 psi (0,7 a 7 kPa). Puede producirse un salto repentino de la presión si el filtro se taponara de repente. Por esta razón el filtro generalmente se diseña para sufrir presiones diferenciales en el intervalo de al menos 20 a 30 psi (al menos 140 a 210 kPa), pero en algunas realizaciones puede sufrir presiones tan altas como de 150 psi (tan altas como de 1 MPa) o más.

Como se ha mencionado anteriormente, materiales de filtro adecuados incluyen pero no se limitan a rejillas electroformadas, filtros de discos apilados, tejidos y membranas, tales como tejidos y membranas de plástico, metales tejidos, rejillas de metal grabadas y filtros de alambre trapezoidal. En algunas realizaciones, el material de filtro comprende poros con una anchura máxima de aproximadamente 0,1 micrón (aproximadamente 0,1  $\mu\text{m}$ ) a aproximadamente 1500 micrones (aproximadamente 1,5  $\mu\text{m}$ ). En otras realizaciones, los poros pueden tener una anchura máxima de aproximadamente 1 a aproximadamente 500 micrones (aproximadamente 1  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 0,5  $\mu\text{m}$ ) o de aproximadamente 1 a aproximadamente 50 micrones (aproximadamente 1  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 50  $\mu\text{m}$ ). La variación en la anchura de los poros a través de un filtro puede ser una característica importante del material de filtro. En algunas realizaciones la variación absoluta de la anchura de los poros se minimiza. También es común medir la variación como un porcentaje del ancho de los poros. En algunas realizaciones la variación del ancho de los poros puede oscilar desde aproximadamente un  $\pm 1\%$  a aproximadamente un  $\pm 30\%$ . En otras realizaciones tales como con rejillas electroformadas de precisión la precisión puede medirse en micrones oscilando desde aproximadamente  $\pm 0,1$  micrón (aproximadamente  $\pm 0,1$   $\mu\text{m}$ ) a aproximadamente  $\pm 5$  micrones (aproximadamente  $\pm 5$   $\mu\text{m}$ ). En algunas realizaciones el material de filtro comprende poros expandibles, que son más estrechos en la superficie de trabajo que en la superficie opuesta. Sin embargo, puede usarse una variedad de formas de poros y el experto en la materia puede seleccionar un material de filtro que tiene poros con la anchura, la forma y otros atributos apropiados para una aplicación particular.

En algunas realizaciones el material de filtro es una rejilla electroformada de precisión. La rejilla electroformada puede hacerse de un número de materiales, por ejemplo, níquel, oro, platino y cobre. Un material de filtro de este tipo puede comprender una superficie de trabajo sustancialmente lisa y poros expandibles con forma regular. Es decir, los poros son más estrechos en la superficie de trabajo que en la superficie opuesta. En algunas realizaciones los poros pueden ser cónicos. Pueden usarse rejillas de este tipo que tienen poros que oscilan en tamaño desde aproximadamente 1500 micrones (aproximadamente 1,5  $\mu\text{m}$ ) hasta a aproximadamente 0,1 micrón (aproximadamente 0,1  $\mu\text{m}$ ) en el punto más estrecho, pero variaciones de la tecnología puede utilizar poros más grandes o más pequeños. En algunas realizaciones se usa una rejilla electroformada de precisión para filtración en el intervalo de 5 a 50 micrones (5 a 50  $\mu\text{m}$ ) y tiene poros con una anchura correspondiente en el punto más estrecho.

En algunas realizaciones se usa un material de filtro que comprende una rejilla de níquel electroformada de precisión. Una rejilla de este tipo se denomina Veconic Plus Smooth, fabricada por y disponible en Stork Veco BV de los Países Bajos. Veconic Plus Smooth es especialmente muy adecuada para filtración en el intervalo de aproximadamente 5 a 50 micrones (aproximadamente 5 a 50  $\mu\text{m}$ ).

Un material de filtro puede comprender poros donde las superficies internas de un poro puede ser rectas, cóncavas o convexas. En algunas realizaciones, como se ilustra en la Figura 6, el material de filtro 232 comprende poros donde el perfil del poro es sustancialmente más estrecho en la superficie de trabajo 214 del filtro. En algunas realizaciones donde el filtro es un filtro cilíndrico o anular, la superficie de trabajo puede ser la superficie interna. El poro puede permanecer con la misma anchura o volverse más ancho a través del filtro desde la superficie de trabajo interna o interior a la superficie externa o exterior. En algunas realizaciones los poros comprenden una zona en expansión 236 y se abren progresivamente más anchos desde la superficie de trabajo hacia la superficie opuesta. De esta manera, las partículas 242 lo suficientemente pequeñas para entrar en una abertura de poro 234 tienen una pequeña o ninguna posibilidad de quedarse atascadas dentro de un poro 236. Los filtros de superficie de este tipo atapan partículas 240 que son demasiado grandes para pasar a través del material de filtro en su superficie de trabajo 214, a menudo en la boca de un poro 234, donde un mecanismo de limpieza pueden actuar sobre ellas.

En algunas realizaciones la superficie de trabajo del filtro es lisa. Aunque la superficie de trabajo lisa del filtro puede ser sustancialmente plana, también puede tener pequeñas y desiguales características, por ejemplo como se ilustra en la Figura 7. Estas desiguales características pueden ser escalones bruscos 238 o valles graduales 239. Sin embargo, el filtro preferentemente se estructura de tal forma que durante la filtración las partículas que no son capaces de pasar a través de los poros se retienen en el punto local más alto en la superficie de trabajo.

En algunas realizaciones la parte más estrecha de la abertura de poro 233 sustancialmente define el punto más alto en la superficie de trabajo 214 en las inmediaciones del poro. En otras realizaciones, la parte más estrecha de la abertura de poro 231 puede estar ligeramente por debajo del punto local más alto en la superficie de trabajo lisa 214, por ejemplo la parte más estrecha de la abertura de poro puede estar a una profundidad menor que la mitad de la anchura de la abertura de poro. Por lo tanto, para un poro con la abertura más estrecha de 20 micrones (20  $\mu\text{m}$ ), la abertura de 20 micrones (20  $\mu\text{m}$ ) sería menos de 10 micrones (10  $\mu\text{m}$ ) por debajo el punto más alto en la superficie de trabajo lisa en las inmediaciones del poro. Esto hace posible que un mecanismo de limpieza haga contacto sustancial con partículas que bloquean los poros 240 y las quite frotando de las aberturas de los poros. El área del material de filtro entre los poros se denomina como las barras 252.

Los poros pueden tener muchas formas de forma en planta, ejemplos de las cuales son circular, cuadrada o en forma de ranura. Los poros con forma de ranura 250, que son más largos que anchos, como se ilustra en las Figuras 8 y 9, se usan en algunas realizaciones y tienden a ofrecer menor resistencia a fluidos que un número de poros circulares o cuadrados más pequeños que tienen el mismo área abierta combinada. El inconveniente de los poros

con forma de ranura 250 es que pueden pasar largas partículas delgadas que son esencialmente más grandes que la anchura de la ranura, pero estas partículas son muchos menos comunes. Sin embargo, en algunas realizaciones se usan poros con forma circular, cuadrada o irregular.

5 En algunas realizaciones, los filtros pueden tener un grosor de aproximadamente 10 a 10.000 micrones (aproximadamente 10  $\mu\text{m}$  a 10 mm). Esto se ilustra como el grosor de barra 253 en una realización ejemplar en la Figura 7. Las rejillas de níquel electroformadas, como se usan en algunas realizaciones, generalmente tienen un grosor de 150 a 300 micrones (150  $\mu\text{m}$  a 0,3 mm), aunque pueden ser más gruesas o más. Una lámina de material de filtro tiene muchos poros y en algunas realizaciones sustancialmente todos los poros tienen aproximadamente la misma longitud y anchura. Los poros pueden tener cualquier forma. En algunas realizaciones son circulares. En otras realizaciones los poros son más largos que anchos. En algunas realizaciones la longitud de cada poro es generalmente de aproximadamente 400 a 500 micrones (aproximadamente 0,4 mm a 0,5 mm), por ejemplo de aproximadamente 430 micrones (aproximadamente 0,43 mm), pero pueden ser más grandes o más pequeños. El ancho de los poros puede seleccionarse para la aplicación de filtración particular. En algunas realizaciones, se usan los anchos en el intervalo de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 1500 micrones (aproximadamente 0,1  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 1,5 mm), de 1 a 500 micrones (1  $\mu\text{m}$  a 0,5 mm) o de 1 a 50 micrones (1  $\mu\text{m}$  a 50  $\mu\text{m}$ ). En algunas aplicaciones, como la recolección de microalgas o células de levadura sin floculación, pueden usarse anchos desde aproximadamente 0,1 a aproximadamente 1 micrón (aproximadamente 0,1  $\mu\text{m}$  a aproximadamente 1  $\mu\text{m}$ ).

20 En algunas realizaciones los poros generalmente pueden disponerse en un patrón de tablero de ajedrez alternante como con los poros 252 en la Figura 8, pero también pueden disponerse en un patrón no alternante, como en la Figura 9. Las barras 253 también se muestran en las Figuras 8 y 9. Las rejillas con patrones no alternantes son generalmente más frágiles que aquellas con patrones alternantes, que tienden a ser más flexibles.

25 En algunas realizaciones el área abierta acumulativa de todos los poros para un material de filtro se maximiza para el índice de filtrado. Para poros más pequeños el número de poros por unidad de longitud puede maximizarse en cualquier dirección. Con muchas rejillas, tales como rejillas de níquel electroformadas que tienen poros expandibles, el área abierta acumulativa de poros tiende a ser inversamente proporcional al grosor de la lámina, es decir, las láminas más gruesas tienen menos poros. Muchas variables influyen en el número de poros por unidad de longitud en una dirección dada, una de las cuales es el proceso litográfico mediante el cual se hacen las rejillas.

35 En algunas realizaciones una rejilla puede tener un grosor de aproximadamente 200 micrones (aproximadamente 0,2 mm) con poros que son aproximadamente 20 micrones (aproximadamente 20  $\mu\text{m}$ ) de ancho por aproximadamente 430 micrones (aproximadamente 0,43 mm) de largo y dispuestos en una malla de aproximadamente 160 poros por pulgada (aproximadamente 6.300 poros por metro) en la dirección perpendicular a las ranuras y aproximadamente 40 poros por pulgada (aproximadamente 1.570 poros por metro) paralelos a las ranuras. Esto equivale a un área abierta de aproximadamente el 9%.

40 En algunas realizaciones el material de filtro toma la forma de una estructura hueca tales como un cilíndrico hueco o estructura anular. Cilindros huecos sin soldadura puede usarse y puede fabricarse, por ejemplo, en un proceso de electroformación. En otras realizaciones, los cilindros pueden hacerse de láminas de material de filtro que se sueldan formando un cilindro. Los métodos de unir bordes de costura son conocidos en la técnica y pueden incluir, por ejemplo, soldadura por resistencia o soldadura blanda. De esta manera, pueden hacerse cilindros de material de filtro de cualquier tamaño y longitud.

45 En algunas realizaciones un material de filtro, tales como una rejilla de níquel electroformada u otro tipo de rejilla de metal electroformada, se hace inicialmente en una lámina cuadrada, tal como una lámina de un metro por cada lado y a continuación se recorta al tamaño correcto para el filtro. El material de filtro puede hacerse en láminas más grandes o pequeñas dependiendo de la forma en la que se manufacturan, por ejemplo, dependiendo del equipo de electroformación disponible. La lámina recortada es flexible y se mantiene en la forma de un cilindro mientras los bordes de costura se sueldan por resistencia, por soldadura de plata o se unen por otro proceso conocido por algún experto en la materia.

50 En algunas realizaciones, el material de filtro está recubierto con uno o más materiales para proporcionar o mejorar una propiedad deseada. Por ejemplo, pueden usarse recubrimientos de aleación de níquel-fósforo, aleación de cromo u otras aleaciones de metales adecuadas para transmitir atributos tales como dureza y resistencia a la corrosión. En otros ejemplos, un material de filtro puede recubrirse con plata por sus propiedades antimicrobianas o un compuesto que contenga PTFE por su baja fricción. En algunas realizaciones, una rejilla de níquel electroformada generalmente comprende una base de níquel y puede incluir uno o más recubrimientos adicionales, tales como aquellos descritos anteriormente.

60 La obstrucción del filtro generalmente se produce en dos fases. Inicialmente las partículas bloquean los poros del material de filtro reduciendo el área abierta efectiva. Esto se denomina simplemente "bloqueo de poro". En segundo lugar una capa de partículas se recoge en la superficie del material de filtro creando lo que se denomina una capa "de torta" y esto provoca un índice de filtrado cada vez menor. La filtración de flujo cruzado se ha mostrado ser efectiva en retrasar la obstrucción, por ejemplo, en conjunción con rejillas de níquel electroformadas. Este modo de

operación generalmente se considera la solución elegante para la obstrucción del filtro, pero la corriente de flujo cruzado limita el índice de recuperación final de afluente cuando lo filtrado es el producto deseado; y en consecuencia limita la concentración de sólidos máxima en aplicaciones tales como la recolección de algas y levaduras, donde lo desechado es el producto.

5 Los filtros de superficie son muy adecuados para limpiarse en el sitio a través de medios mecánicos. Pueden usarse un número de tecnologías de limpieza mecánica automatizadas, solas o en combinación, en diversas realizaciones de los sistemas de filtro y métodos desvelados. En algunas realizaciones puede usarse el retrolavado. En el retrolavado el flujo hacia delante a través del filtro es detenido en su totalidad y revertido temporalmente para desalojar las partículas que bloquean los poros así como toda la capa de torta. Este líquido de retrolavado que contiene sólidos se desecha a través de una válvula de escape, tal como una salida de drenaje. En ocasiones se combina con la operación de un cepillo o escobilla de limpieza para ayudar con la limpieza de la rejilla de filtro. En otras realizaciones pueden usarse exploración por succión. En este punto una más boquillas exploran la superficie del filtro. Estas boquillas tienen una gran fuerza de succión que provocan que el líquido fluya hacia atrás localmente a través del filtro de rejilla en las inmediaciones de la boquilla. Esto arranca la torta de filtro de la rejilla y la envía a una válvula de escape donde se desecha. De esta manera una pequeña porción de la rejilla de filtro se limpia mientras el resto de la rejilla continua operando con normalidad. Mientras los filtros de retrolavado generales tienen momentos de inactividad durante sus ciclos de limpieza, los filtros de exploración por succión continúan operando aunque a un índice de flujo neto menor. Como con la filtración de flujo cruzado, la corriente de retrolavado en ambos sistemas limita el índice de recuperación final de afluente donde lo filtrado es el producto deseado; y limita la concentración de sólidos máxima donde lo desechado es el producto.

En algunas realizaciones de la invención descritas en este documento, el material de filtro se limpia exclusivamente usando una escobilla. Por lo tanto, no se emplean el retrolavado y/o el flujo cruzado. En otras realizaciones, el material de filtro se limpia mediante retrolavado o flujo cruzado. En algunas realizaciones el material de filtro se limpia mediante una escobilla en conjunción con un retrolavado, flujo cruzado o ambos. Las rejillas de níquel electroformadas que tienen poros expandibles y una superficie de trabajo lisa son muy adecuadas para limpiarse con una escobilla.

30 Durante la limpieza las partículas desechadas se mueven a través de la superficie del material de filtro, por ejemplo por medio de una escobilla y/o una velocidad de flujo cruzado. Generalmente es ventajoso orientar los poros con forma de ranura del material de filtro con su dimensión larga sustancialmente perpendicular a la trayectoria probable de una partícula desechada. Por lo tanto en algunas realizaciones el material de filtro comprende poros con forma de ranura que están orientadas de tal forma que el aspecto largo de los poros es perpendicular a la dirección de movimiento de una escobilla.

40 Cuando una escobilla es sustancialmente recta y gira dentro de un filtro cilíndrico, las partículas se mueven de forma más circular alrededor del filtro que de forma axial hacia abajo en el filtro. En este caso las ranuras pueden orientarse con el eje del filtro.

Una escobilla también puede tomar la forma de una espiral en cuyo caso las partículas pueden empujarse a través de una trayectoria espiral en la superficie de un filtro cilíndrico. Dependiendo del paso de la espiral, la trayectoria puede ser más a lo largo del eje del filtro o más a lo largo de la circunferencia del filtro. Si el material de filtro comprende poros con forma de ranura, las ranuras pueden orientarse perpendiculares a esa trayectoria, aunque una orientación axial o circunferencial pura se usa en algunas realizaciones, por ejemplo debido a limitaciones de manufactura.

#### Conjunto de limpieza - Escobillas

50 Un conjunto de limpieza habitualmente se posiciona dentro el conjunto de filtro y en algunas disposiciones comprende una o más escobillas, por ejemplo como se ilustra en la Figura 2. El fluido puede moverse desde la entrada del alojamiento para contactar la pared interior del material de filtro pasando alrededor del conjunto de limpieza, por ejemplo como se ilustra en la Figura 2, o a través del conjunto de limpieza, por ejemplo como se ilustra en las Figuras 3 y 4. Partículas filtradas se recogen en la superficie de trabajo interior del filtro y cuando el conjunto de limpieza se gira las escobillas limpian la superficie de trabajo del filtro generalmente moviendo las partículas filtradas a lo largo de la superficie y recogéndolas delante de la escobilla. Las escobillas también pueden despegar partículas de la superficie de vuelta al fluido o a las mismas escobillas.

60 La una o más escobillas pueden ser rectas o tomar otras formas útiles. En algunas realizaciones las escobillas toman una forma sustancialmente espiral a lo largo de la longitud del conjunto de limpieza. Véase, por ejemplo, las escobillas 316 en las Figuras 3 y 4. En algunas realizaciones el conjunto de limpieza comprende una única escobilla con forma espiral. En otras realizaciones, el conjunto de limpieza comprende dos o más escobillas con forma espiral. Las escobillas con forma espiral empujan las partículas a lo largo de la superficie del filtro hacia un extremo del alojamiento, donde pueden ser recogidas en una zona de recogida. La concentración de partículas en la escobilla aumentará habitualmente en la dirección de la zona de recogida del alojamiento.



En algunas realizaciones una o más escobillas con forma espiral tienen un paso fijo y en otras realizaciones tienen un paso variable. Un paso típico de la escobilla espiral, por ejemplo para un filtro cilíndrico de 4 pulgadas (100 mm) de diámetro, sería un giro completo por cada 6 pulgadas (150 mm) de conjunto de limpieza o, en otras palabras, 60 grados por pulgada (por 25 mm), pero podría ser menos o más. En algunas realizaciones la escobilla o escobillas en espiral tienen un paso de aproximadamente 10 a aproximadamente 360 grados por pulgada (por 25 mm). Las escobillas de paso variable tienen un paso que cambia a lo largo de la longitud del conjunto de limpieza para acomodar la acumulación de partículas en la escobilla. A modo de ejemplo, el paso puede cambiar de 10 grados por pulgada (por 25 mm) en el extremo más alejado del conjunto de limpieza a 360 grados por pulgada (por 25 mm) en el extremo más cercano a la zona de recogida.

Generalmente es ventajoso limitar la velocidad de las escobillas a lo largo de la superficie del filtro a menos de 100 pulgadas por segundo (2,5 m/s) pero este valor puede ser mayor o menor dependiendo del diseño del filtro y la escobilla. En realizaciones en las que la escobilla toca el material de filtro, la fricción entre las escobillas y el material de filtro provoca el desgaste de las escobillas, del material de filtro o de ambos. Las escobillas más rápidas tienden a crear más turbulencias en la zona sin filtrar del alojamiento que puede interferir con el movimiento de las partículas hacia la zona de recogida. Las escobillas también pueden romper las partículas en partículas más pequeñas que entonces pasan a través del material de filtro. Cuando la velocidad de la escobilla se limita, la frecuencia de limpieza del material puede aumentarse añadiendo más escobillas. Un conjunto de limpieza habitualmente tiene aproximadamente de 1 a aproximadamente 10 escobillas, por ejemplo 2, 4 u 8 escobillas, pero puede tener más o menos.

Las escobillas pueden tomar muchas formas de las cuales son cepillos, rasquetas y raspadores y puede ser rígidas o flexibles. En una realización todas las múltiples escobillas toman la misma forma y en otras realizaciones las múltiples escobillas toman una combinación de formas. Los cepillos generalmente se hacen de fibras plásticas no abrasivas como nylon, polipropileno o poliéster, aunque pueden hacerse de otros materiales adecuados. A medida que las partículas disminuyen en tamaño, los cepillos tienden a ser menos efectivos y las rasquetas se vuelven más efectivas. Las rasquetas pueden hacerse de cualquier número de gomas comunes sintéticas o naturales, un ejemplo de lo cual es el poliuretano. En otras realizaciones una o más escobillas puede comprender un raspador. El raspador puede hacerse de cualquier número de plásticos adecuados tales como policarbonato y PTFE u otros materiales adecuados.

En algunas realizaciones una o más de las escobillas se precargan contra la superficie del filtro desviando la escobilla, tales como un cepillo o rasqueta. En otras realizaciones al menos una de las escobillas 316 no toca la superficie 214 del filtro pero se extiende a una altura ligeramente por encima de la superficie. En algunas realizaciones las escobillas pueden extenderse a entre aproximadamente 0,001 a 0,1 pulgadas (aproximadamente 25 µm a 2,5 mm) de la superficie del filtro, 0,01 pulgadas (250 µm) por ejemplo. De esta manera, la circulación de las escobillas puede crear un flujo cruzado local de fluido que tiende a empujar las partículas a lo largo de la superficie, mientras las escobillas realmente no tocan la superficie del material de filtro.

Las escobillas pueden soportarse por una estructura en uno o ambos extremos y/o por una estructura central como en las Figuras 2, 3 y 4. La estructura central puede ser maciza o hueca y tomar cualquier número de formas de sección transversal adecuadas, ejemplos de lo cual son redondas o poligonales. En una realización de la invención la estructura central es sustancialmente redonda y tiene uno o más surcos en su superficie exterior. Como se ilustra en la Figura 10, una escobilla 316 puede tener un refuerzo flexible 322 que se inserta en el surco 320 en la estructura central. En algunas realizaciones una escobilla se pega en un surco 320. En otra realización el surco 320, como en la Figura 10, tiene una forma de cola de milano u otra forma adecuada para retener una escobilla 316. En una realización una escobilla se mantiene en su sitio por fricción a lo largo de la longitud del surco. En otras realizaciones una escobilla se retiene en cada extremo mediante una clavija, tapón de extremo u otro medio adecuado. En otras realizaciones una o más escobillas se pegan a una estructura de soporte lisa. Como se ha mencionado anteriormente, en otras realizaciones las escobillas son autosustentables y no están unidas a una estructura de soporte que recorre la longitud de las escobillas. Sin embargo, pueden soportarse en uno o ambos extremos.

#### Conjunto de limpieza - Distribuidor

En algunas realizaciones la estructura central del conjunto de limpieza comprende un tubo hueco que puede actuar como un distribuidor para el conjunto de filtro. El tubo hueco se orienta paralelo a la longitud del filtro. El distribuidor comprende al menos un extremo abierto que está en comunicación fluida con una entrada en el alojamiento. Por ejemplo el distribuidor puede comunicarse directamente con una entrada 101 como en la Figura 4, o puede comunicarse con una zona de entrada 118 que a su vez está en comunicación con una o más entradas 101 como en la Figura 3.

El distribuidor puede extenderse toda la longitud del filtro y tiene una o más aberturas a lo largo de su longitud que distribuye el fluido a porciones seleccionadas de la superficie del filtro. La una o más aberturas en el distribuidor pueden ser sustancialmente perpendicular a la longitud del distribuidor. Las aberturas pueden ser, por ejemplo, agujeros circulares, por ejemplo para facilitar la manufactura, pero también pueden ser polígonos, ranuras o

cualquier número de formas adecuadas. Las aberturas puede incluir tubos u otras características que se extienden hacia fuera del distribuidor hacia la superficie del filtro y dirige el fluido a la superficie del filtro. Un distribuidor 310 con aberturas 314 se ilustra en la Figura 11.

5 En algunas realizaciones, a través de un giro de 360 grados, el distribuidor puede dirigir secuencialmente el fluido a toda la superficie de trabajo del filtro. En la realización mostrada en la Figura 11 hay múltiples aberturas 314 que tienen todas el mismo tamaño. A modo de ejemplo las aberturas pueden ser agujeros circulares con un diámetro de aproximadamente 0,25 pulgadas (aproximadamente 6,4 mm) y un espaciado de centro a centro de aproximadamente 0,50 pulgadas (aproximadamente 12,7 mm) a lo largo de la longitud del distribuidor. En otras realizaciones múltiples aberturas en el mismo distribuidor tienen tamaños diferentes. Generalmente es ventajoso ajustar el tamaño de las aberturas para equilibrar la cantidad de flujo y presión que se distribuye a cada porción del filtro seleccionada. Por lo tanto las aberturas pueden hacerse progresivamente más grandes a medida que se alejan más de la entrada y/o la abertura en el distribuidor que está en comunicación con la entrada. Esto puede tomar la forma de agujeros circulares que se hacen progresivamente más grandes de diámetro a medida que se alejan de la entrada en el alojamiento.

En algunas realizaciones las aberturas apuntan radialmente hacia fuera del eje del distribuidor. En otras realizaciones las aberturas se desplazan del eje del distribuidor y apuntan sustancialmente a lo largo de una línea tangente al eje del distribuidor. Las aberturas que se desplazan del eje del distribuidor producen flujo con un componente de velocidad que es tangencial a la superficie del filtro. En algunas realizaciones de la invención la velocidad tangencial ayuda a girar el conjunto de limpieza. Adicionalmente, este flujo cruzado puede retrasar la obstrucción y aumentar el rendimiento.

25 Cuando el conjunto de limpieza comprende tanto un distribuidor como una o más escobillas el patrón de aberturas puede adaptarse a la forma las escobillas. Esto se ilustra, por ejemplo, en las Figuras 11 y 12, donde el patrón de las aberturas 314 generalmente se adapta a la forma de la una o más escobillas 316. Por lo tanto una escobilla con forma espiral 316 tendrá un patrón espiral de aberturas 314. En una realización las aberturas 314 son un patrón espiral de agujeros, como se muestra en la Figura 11, y en otra realización son una o más ranuras con forma de espiral como se muestra en la Figura 12. El tamaño de las aberturas puede variar a lo largo de la longitud del distribuidor. Por ejemplo, la anchura de la ranura puede variar a lo largo de la longitud del distribuidor 310. La anchura de la ranura puede aumentar con la distancia entre la entrada al distribuidor.

35 Cuando hay más de una escobilla, generalmente habrá un patrón de aberturas asociado con cada escobilla. El patrón de aberturas puede alternar con las escobillas de tal forma que cada dos escobillas tengan un patrón de aberturas entre ellas.

#### Conjunto de limpieza - Soporte y accionamiento

40 El conjunto de limpieza puede soportarse en uno o ambos extremos por uno o más cojinetes, ejemplo de lo cual son cojinetes de rodamientos y cojinetes lisos. En las realizaciones ilustradas en la Figura 4 y la Figura 13, el conjunto de limpieza 300 se soporta mediante un cojinete de casquillo en el tubo de entrada 118 que se entiende al alojamiento. Una o más juntas, tal como juntas tóricas 322 también pueden incluirse para restringir que el fluido viaje alrededor de los cojinetes. Un árbol de transmisión 404, que penetra la tapa 401, también puede soportarse mediante uno o más cojinetes y sellarse mediante una o más juntas. El árbol de transmisión puede acoplarse al conjunto de limpieza 300 usando, por ejemplo, un accionamiento de lengüeta, accionamiento de cuadrado o engranajes frontales de enclavamiento. El conjunto de tapa 400 comprende un motor 402 que se acopla al árbol de transmisión 404 y acciona la rotación del conjunto de limpieza 300. El conjunto de tapa con motor 402 y árbol 404 puede retirarse del alojamiento, por lo tanto desacoplarse del árbol 404 del conjunto de limpieza 300. En otra realización el distribuidor no se desacopla del conjunto de tapa sino que se retira junto con el conjunto de tapa. En disposiciones adicionales, como se ilustra en las Figuras 2 y 3 y adicionalmente se ilustra en la Figura 14, el conjunto de limpieza se soporta en su totalidad por un árbol de transmisión que se soporta mediante cojinetes y juntas en un extremo del alojamiento. Un motor 402, fuera del alojamiento, se acopla al árbol de transmisión 404 y acciona la rotación del conjunto de limpieza 400.

55 En realizaciones aún más adicionales el conjunto de limpieza se acciona mediante otros mecanismos, tales como a mano o mediante una turbina. Una turbina puede situarse de tal forma que el fluido que fluye al alojamiento pasa a través de la turbina y gira el conjunto de limpieza. Por ejemplo, en las disposiciones ilustradas en las Figuras 2 y 3 el conjunto de limpieza puede comprender una turbina (no mostrada) situada en la zona de entrada 118 del alojamiento. El fluido que pasa de la zona de entrada 118 a la zona de distribución 210 pasa a través de la turbina que acciona la rotación del conjunto de limpieza. En la realización ilustrada en la Figura 13 una turbina (no mostrada) puede situarse dentro del distribuidor 310 de tal forma que el fluido que pasa del tubo de entrada 118 al distribuidor 310 provoca la rotación del conjunto de limpieza 300. De esta manera no se requiere una fuente de energía externa para accionar el conjunto de limpieza 300. La energía del fluido que fluye puede proporcionar por sí solo el mecanismo de accionamiento.

65

Conjunto de limpieza - Divisor de zona de entrada

En algunas realizaciones, se usan uno o más divisores para dirigir el fluido en el alojamiento, tales como para dirigir el fluido de la entrada al distribuidor. Por ejemplo, cuando el conjunto de limpieza, como en la Figura 14, comprende un distribuidor 310 que está abierto en un extremo a una zona de entrada 118, puede ser ventajoso dividir la zona de entrada 118 de la zona de distribución 210. En esta realización un divisor 345 sobresale radialmente hacia fuera del distribuidor 310 forzando al fluido a fluir a través del distribuidor para alcanzar el filtro. En una realización la estructura se engancha a la pared interior del conjunto de filtro o alojamiento a través de un cojinete, junta o ambos. En otra realización el divisor no se engancha en el conjunto de filtro o alojamiento y en su lugar permite que una pequeña cantidad de fluido se fugue alrededor del divisor. En otras realizaciones el divisor se une al filtro o alojamiento y sobresale hacia dentro hacia el distribuidor.

Conjunto de limpieza - Divisor de la zona de recogida

La rotación del conjunto de limpieza conduce partículas hacia un extremo del alojamiento donde las partículas se recogen en una zona de recogida. La zona de recogida y el conjunto de limpieza generalmente se configuran para empujar las partículas hacia la salida de drenaje. En algunas realizaciones, un divisor puede separar la zona de entrada o zona sin filtrar de la zona de recogida.

Cuando el conjunto de limpieza comprende un distribuidor 310, el distribuidor puede no tener aberturas 314 en esta zona, como en la Figura 3, para evitar turbulencias, pero puede o no tener escobillas 316. Las escobillas 316 en la zona de recogida 116 pueden ser rectas, en espiral o tomar otras formas útiles y puede o no engancharse en la pared del alojamiento. En la realización ilustrada en la Figura 4 las mismas escobillas que se enganchan en el filtro continúan a través de la zona de recogida 116 hasta el extremo del alojamiento. En otras realizaciones adicionales las escobillas se disponen en el conjunto de limpieza para enganchar el extremo del alojamiento.

Puede ser ventajoso dividir físicamente la zona de recogida de la zona de distribución para evitar que las partículas retornen a la superficie del filtro. En las disposiciones ilustradas en las Figuras 2 y 3 y aquellas ilustradas en las Figuras 11 y 12 esto se logra mediante un divisor 325 que gira con el distribuidor. En otras realizaciones el divisor no gira y en su lugar se fija a la pared del filtro o pared del alojamiento. En realizaciones adicionales se usa un divisor giratorio 325 en conjunción con un divisor fijo.

El divisor puede tener una o más aberturas, generalmente situadas adyacentes de la pared del filtro, que se configura para permitir que las partículas entren fácilmente en la zona de recogida 116, pero para resistir que las partículas retornen a la zona de distribución sin filtrar 210. Dependiendo de su forma, la una o más aberturas pueden ser fijas o giratorias o una combinación de las dos. El divisor puede consistir en una escobilla flexible como un cepillo o rasqueta o puede tomar la forma de una estructura rígida; o una combinación de estructuras flexibles y rígidas. En la realización ilustrada en la Figura 15 el divisor 325 se forma por una continuación de las escobillas de limpieza 316 y sobresale del distribuidor giratorio 310. La escobilla se envuelve alrededor del distribuidor 310 formando un arco externo. Una abertura 332 se forma terminando el arco antes de que la escobilla se envuelva de nuevo alrededor de sí misma o de otra escobilla.

Conjunto de limpieza - Operación

El conjunto de limpieza puede operarse de uno o más modos. En algunas realizaciones el conjunto de limpieza se gira a un único índice constante siempre que se enciende un sistema de bombeo de fluido. En otras realizaciones el conjunto de limpieza se gira a uno de múltiples índices fijos dependiendo del nivel de obstrucción del filtro detectado. La obstrucción del material de filtro generalmente provoca flujo reducido y presión transmembrana aumentada. Esto puede detectarse a través de sensores de presión, sensores de flujo y otros sensores conocidos para un experto en la materia. A modo de ejemplo, los sensores de presión pueden tomar la forma de un conmutador que se enciende cuando se alcanza un nivel establecido de presión transmembrana. También puede tomar la forma de un transductor de presión electrónico que produce una potencia de salida eléctrica proporcional a la presión diferencial a través del material de filtro.

El índice rotacional del conjunto de limpieza también puede establecerse para que sea proporcional al contenido de sólidos del afluente. Esto puede lograrse usando uno o más sensores también conocidos para un experto en la materia, ejemplos de los cuales son sensores de turbidez y sensores de sólidos en suspensión. Un modo aún más adicional es establecer el índice de rotación proporcional a la concentración de solo aquellas partículas que puedan provocar la obstrucción. Esto se podría lograr a través del uso de un contador de partículas en el afluente o una combinación de sensores de sólidos en suspensión en la entrada y salida filtrada. Por lo tanto, el sistema de filtro puede configurarse para ajustar la velocidad rotacional del conjunto de limpieza en respuesta a una señal de uno o más de un sensor de turbidez, un sensor de sólidos en suspensión y un contador de partículas.

El conjunto de limpieza puede contener una o más escobillas de tal forma que una única rotación del conjunto de limpieza frote una sección de material de filtro una o más veces. Las escobillas puede pasar sobre una sección de material de filtro desde una vez por segundo hasta 20 veces por segundo, pero cada sección de material de filtro

podría frotarse menos o más a menudo. A modo de ejemplo, un conjunto de limpieza que tiene 4 escobillas y rota a 150 rpm frotarían el filtro 10 veces por segundo.

Conjunto de limpieza - Eficiencia

5 Con un filtro de superficie tales como aquellos descritos en este documento, la fuerza de retención en las partículas que bloquean los poros se crea por la presión transmembrana que actúa en el área de las partículas que bloquean el poro. La obstrucción puede resultar cuando la fuerza de retención sobre las partículas es mayor que la fuerza motriz impartida por la escobilla. Diferentes diseños de escobillas serán más o menos efectivos limpiando partículas de diferente composición. La efectividad para un diseño de escobilla dado depende, en parte, de la anchura del poro y la presión transmembrana. La eficiencia de la limpieza generalmente permanece sustancialmente al 100 % hasta que se alcanza una presión crítica en cuyo momento cae rápidamente al 0 % a medida que la presión continua aumentando. En o por encima de la presión crítica, las escobillas no son capaces de afectar las partículas que bloquean los poros de cada vez más diámetro. Operar por encima de la presión transmembrana crítica crea una curva de flujo decadente, o en otras palabras, la presión transmembrana crítica es la presión por encima de la cual el índice total de filtrado cae con el paso del tiempo. A modo de ejemplo la presión crítica para una rejilla con ranuras de 20 micrones (20 µm) de ancho y cepillos de nylon con filamentos de nylon de 0,006 pulgadas (0,15 mm) de diámetro es de aproximadamente 3 psi (21 kPa) y puede ser tan baja como 2 psi (14 kPa) o incluso 1 psi (7 kPa). En una realización de la invención el sistema de filtro se opera continuamente por debajo de la presión transmembrana crítica. En otra realización el sistema de filtro opera por encima de la presión crítica, pero periódicamente cae por debajo de la presión crítica durante un pequeño periodo de tiempo que permite a la escobilla limpiar el filtro. La presión crítica puede determinarse monitorizando los índices de filtrado a diversas presiones con el paso del tiempo y determinando la presión a la que la eficiencia en la limpieza cae a niveles inaceptables.

25 Regulación de la presión transmembrana

La operación del sistema de filtro para controlar presión transmembrana, por ejemplo para operar por debajo de la presión transmembrana crítica, puede lograrse en un número de maneras. En algunas realizaciones de la invención el sistema de filtro se suministra con una bomba de velocidad variable, que se controla por electrónica de accionamiento y un transductor de presión diferencial. La electrónica de accionamiento cambia la velocidad del impulsor de la bomba que varía la salida del flujo y la presión de la bomba para producir una relativamente constante presión transmembrana.

35 En otras realizaciones el sistema de filtro se suministra con una bomba de una sola velocidad y se usan componentes adicionales para regular la presión transmembrana. Un sistema de filtro ilustrativo junto con componentes adicionales del sistema de fluido se representa esquemáticamente en la Figura 16. Cuando el sistema de filtro se suministra con una bomba de una sola velocidad 512, el flujo descendente de la obstrucción del filtro provoca un aumento en la presión suministrada por la bomba y posteriormente una presión en aumento en la zona sin filtrar del alojamiento.

40 La presión transmembrana puede mantenerse disminuyendo la presión en la zona sin filtrar del alojamiento o aumentando la presión en la zona filtrada del alojamiento. En una realización de la invención el flujo se restringe en la entrada por un componente de sistema de fluido 509 por lo tanto reduciendo la presión en la zona sin filtrar, como se ilustra en la Figura 16. Esto puede lograrse mediante un regulador pasivo, ejemplos de lo cual son reguladores de presión y reguladores de presión diferencial; o una válvula de control de flujo, ejemplos de los cual son válvula de retención y válvulas de mariposa. En otra realización un componente de sistema de fluido 503 restringe el flujo en la salida filtrada 511, por lo tanto aumentando la presión en la zona filtrada del alojamiento. Esto puede lograrse usando una válvula de control de flujo o un regulador pasivo, ejemplos de los cuales son reguladores de contrapresión y reguladores de contrapresión diferencial.

50 En algunas realizaciones la presión transmembrana se mantiene con la combinación de un regulador de presión en la entrada y un regulador de contrapresión en la salida filtrada. En algunas realizaciones un regulador de contrapresión diferencial se sitúa en la salida filtrada y un regulador de presión no se sitúa en la entrada. En aún otras realizaciones, un regulador de presión diferencial se sitúa en la entrada y un regulador de contrapresión se sitúa en la salida filtrada.

60 En algunas realizaciones el flujo se aumenta en la salida de drenaje 506 usando una válvula de control del flujo o una válvula de liberación de presión. El flujo aumentado a través de la entrada reduce la presión suministrada por la bomba y por lo tanto reduce la presión en la zona sin filtrar del alojamiento. En realizaciones incluso adicionales se usan limitadores de flujo en la salida en conjunción con una fuente de presión para incrementar activamente la presión en la zona filtrada del alojamiento, por lo tanto reduciendo el diferencial de presión a través del material de filtro.

65 En algunas realizaciones un depósito de fluido y presión pasivo 501 se sitúa funcionalmente entre el material de filtro y cualquier regulador 503 en la salida filtrada. Esto proporciona un depósito para igualar la presión y flujo a través del material de filtro cuando se produce una obstrucción. Este depósito puede tomar la forma de un tanque de

acumulador 501 o simplemente una burbuja de aire atrapada en el alojamiento donde puede comunicarse con la zona filtrada del alojamiento.

#### Purga de drenaje

5 Las partículas recogidas en la zona de recogida pueden purgarse del alojamiento mediante uno o más métodos. En algunas realizaciones, se apaga la bomba que suministra al sistema y se abre la válvula de drenaje. Las partículas y el fluido en el alojamiento a continuación simplemente se drenan. Esto podría ser útil, por ejemplo, para piscinas y otras aplicaciones de consumo donde el coste es un problema y se espera un mantenimiento rutinario. En otras realizaciones la válvula de drenaje está totalmente abierta mientras la bomba continua funcionando. Esto lava la zona de recogida mientras también provoca una caída repentina en la presión en la zona sin filtrar del alojamiento. La caída en la presión puede ayudar a desatascar cualquier poro que podría estar reteniendo partículas. Cuando hay un depósito de presión y fluido en la salida filtrada una pequeña cantidad de fluido puede fluir hacia atrás a través de los poros del filtro ayudando adicionalmente a desatascar las partículas atascadas. Este retrolavado pasivo puede ayudarse adicionalmente cerrando simultáneamente una válvula que está posicionada en la salida filtrada después del depósito de presión, tal como la válvula 503 en la Figura 16.

20 En realizaciones adicionales el sistema de filtro se opera mientras el drenaje permanece solo abierto ligeramente. Una pequeña fracción del fluido, generalmente en el intervalo del 1 % al 10 %, pasa a través del drenaje llevando con él las partículas rechazadas. Un drenaje continuo de esta naturaleza a menudo se denomina como un flujo de desviación o una corriente salitrosa.

25 En realizaciones incluso adicionales el sistema se opera como un filtro de flujo cruzado. En una configuración de este tipo una cierta cantidad de flujo pasa a través del drenaje y crea una velocidad de flujo tangencial a la superficie del filtro. Este flujo tangencial actúa como un mecanismo de limpieza que puede trabajar por sí mismo o en conjunción con las escobillas para reducir o eliminar la obstrucción. En aplicaciones de flujo cruzado el flujo de desviación se ejecuta óptimamente a aproximadamente el 50 % pero puede oscilar desde aproximadamente el 10 % al 90 %. En algunas realizaciones el flujo de desviación hace un único paso a través del sistema de filtro. En otras realizaciones el flujo de desviación se bombea de nuevo al sistema y hace múltiples pases a través del filtro.

30 También es posible purgar las partículas del sistema sin impactar sustancialmente en la presión o el flujo del sistema. Algunas realizaciones usan una válvula rotativa situada en la salida de drenaje. Este tipo de válvula tiene un elemento de válvula con una o más cavidades que pueden abrirse secuencialmente primero a la zona de recogida y a continuación al drenaje por la rotación del elemento de válvula. Una junta alrededor del elemento de válvula mantiene la presión en la zona de recogida. La válvula rotativa puede accionarse mediante un motor o a mano. En una realización la válvula se acopla al distribuidor y se acciona simultáneamente. Si se acopla al distribuidor generalmente se acoplará a través de uno o más engranajes para reducir la velocidad de giro la válvula con respecto al distribuidor. Una relación típica de engranaje sería 1:100 pero podría ser tan baja como 1:10.000 o tan alta como 1:1.

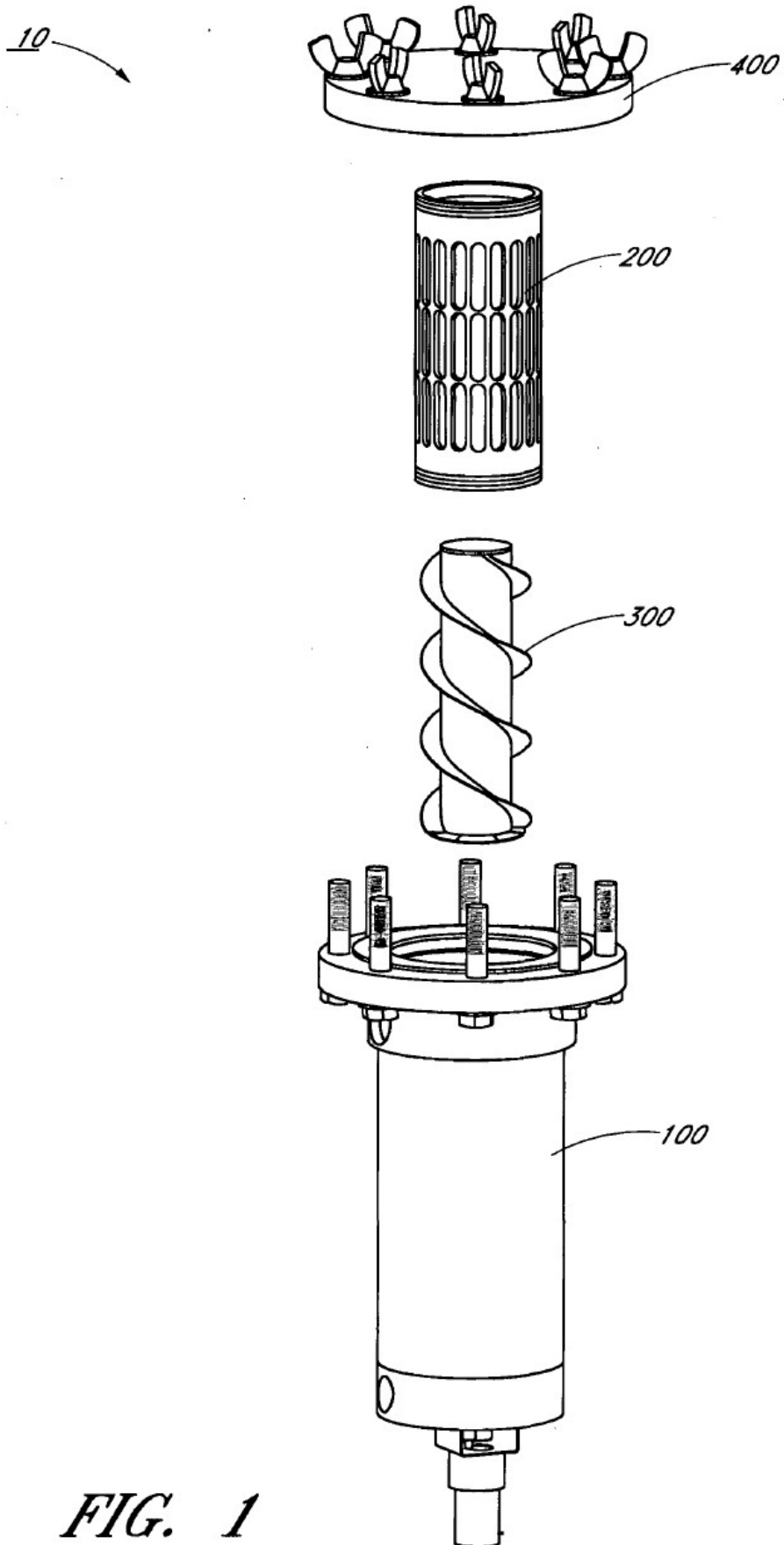
40 En una realización la válvula se opera en un modo continuo siempre que el filtro está en operación. En otras realizaciones uno o más sensores o conmutadores operan la válvula. La válvula puede ser operada mediante un temporizador; en respuesta a la obstrucción del filtro; o en respuesta a la acumulación de sólidos en la zona de recogida. La obstrucción del filtro puede indicarse por una presión diferencial aumentada o un flujo reducido que pueden detectarse mediante sensores de presión y de flujo. La acumulación de sólidos puede detectarse mediante una variedad de sensores, ejemplos de los cuales son sensores ópticos y sensores acústicos. En una realización la válvula es una unidad separada unida a la salida de drenaje. En otras realizaciones la válvula se integra en el extremo o pared lateral del alojamiento.

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo de filtración de fluido (10) que comprende:
  - 5 un alojamiento hueco (100) que comprende una entrada sin filtrar (101) y una salida filtrada (102); un conjunto de filtro hueco (200) situado dentro del alojamiento (100) y que comprende un material de filtro (232) con una superficie interior lisa y una superficie exterior; y un conjunto de limpieza giratorio (300) que comprende una escobilla (316) situada dentro del conjunto de filtro (200) que se extiende la longitud del filtro;
  - 10 caracterizado por que el conjunto de limpieza (300) comprende un distribuidor (310) que tiene un extremo abierto que se comunica con la entrada sin filtrar (101) en el alojamiento (100) y que tiene una o más aberturas (314) a lo largo de su longitud y que se extiende la longitud del filtro.
- 15 2. El dispositivo de filtración de la reivindicación 1, en el que el material de filtro (232) comprende una rejilla de níquel electroformada.
3. El dispositivo de filtración de la reivindicación 1, en el que el material de filtro (232) comprende poros expandibles (236) que son más estrechos en la superficie interior que en la superficie exterior.
- 20 4. El dispositivo de filtración de la reivindicación 3, donde el límite del poro en la anchura mínima de la abertura del poro (234) define sustancialmente el punto local más alto en la superficie interior.
5. El dispositivo de filtración de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el material de filtro (232) comprende poros con forma de ranura (250) orientados sustancialmente paralelos con el eje de giro del conjunto de limpieza (300).
- 25 6. El dispositivo de filtración de la reivindicación 1 en el que la escobilla (316) es en forma espiral.
7. El dispositivo de filtración de la reivindicación 1, que comprende además un motor (402) que hace girar el conjunto de limpieza (300).
- 30 8. El dispositivo de filtración de la reivindicación 1, que comprende además un regulador de contrapresión diferencial en la salida filtrada (102).
9. El dispositivo de filtración de la reivindicación 1, que comprende además un regulador de presión en la entrada sin filtrar y un regulador de contrapresión en la salida filtrada (102).
- 35 10. El dispositivo de filtración de la reivindicación 8 o la reivindicación 9, en el que el regulador de contrapresión está configurado para mantener la presión a través del material de filtro a menos de 5 psi (35 kPa).
- 40 11. Un método de filtrado de fluido que comprende:
 

proporcionar un dispositivo de filtración (10) que comprende:

  - 45 un alojamiento (100) que comprende una entrada sin filtrar (101) y una salida filtrada (102); un filtro anular (200) situado dentro del alojamiento, comprendiendo el filtro anular (200) una superficie interna lisa y una superficie externa; y un conjunto de limpieza (300) que comprende una o más escobillas (316) situadas dentro del filtro (200) y un distribuidor (310) situado dentro del filtro (200) que se extiende la longitud del filtro (200), en el que el distribuidor comprende un extremo abierto en comunicación con la entrada sin filtrar (101) del alojamiento;
  - 50 suministrar el fluido al interior del filtro (200) a través del distribuidor; hacer pasar el fluido a través del filtro (200) y hacer girar el conjunto de limpieza (300) dentro del filtro (200) de tal forma que la una o más escobillas (316) frotan la superficie interna del filtro.
  - 55 12. El método de la reivindicación 11, en el que el filtro (200) es una rejilla electroformada que comprende poros expandibles (234) que son más estrechos en la superficie interior que en la superficie exterior.



*FIG. 1*

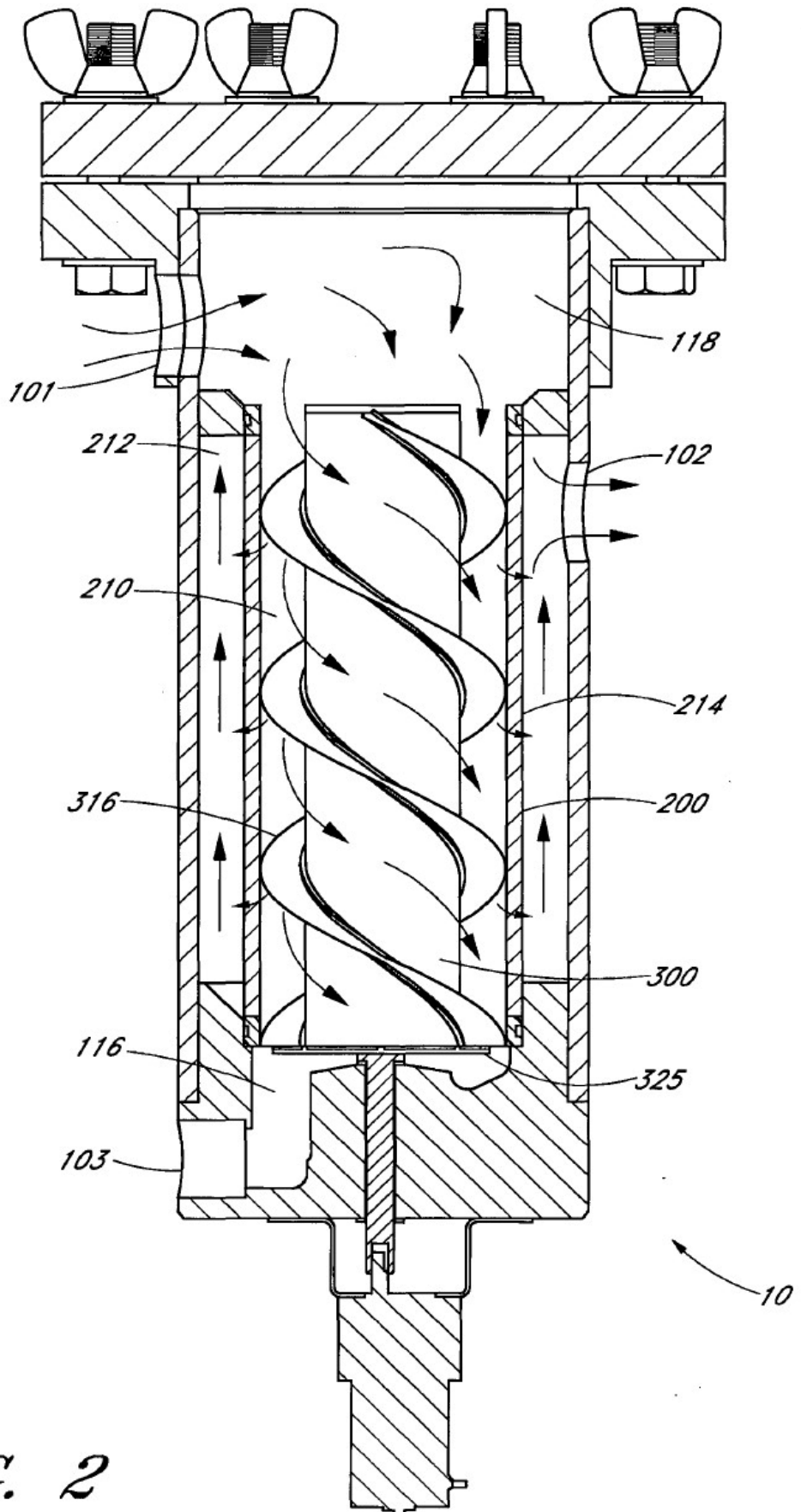
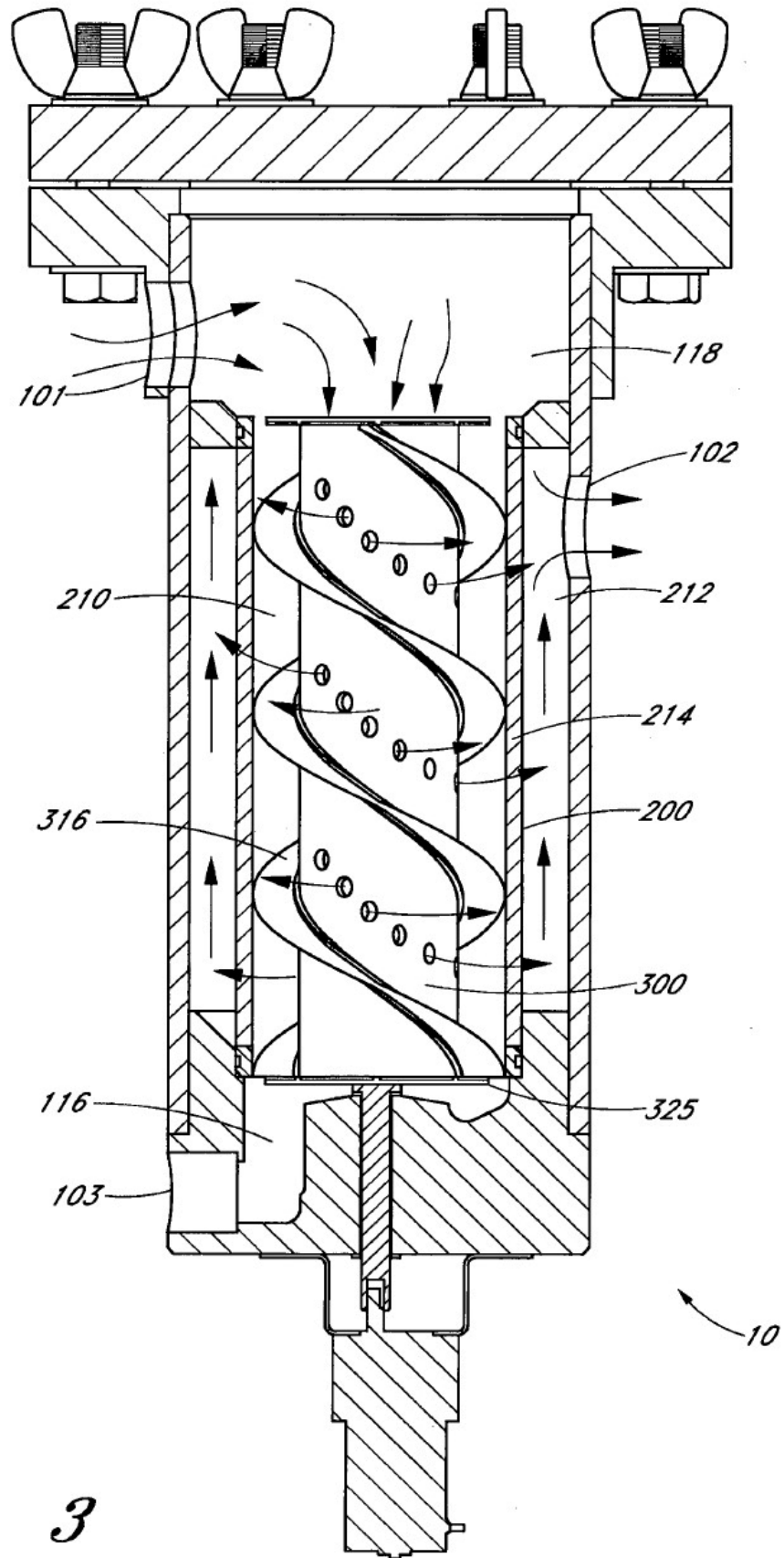


FIG. 2





*FIG. 3*

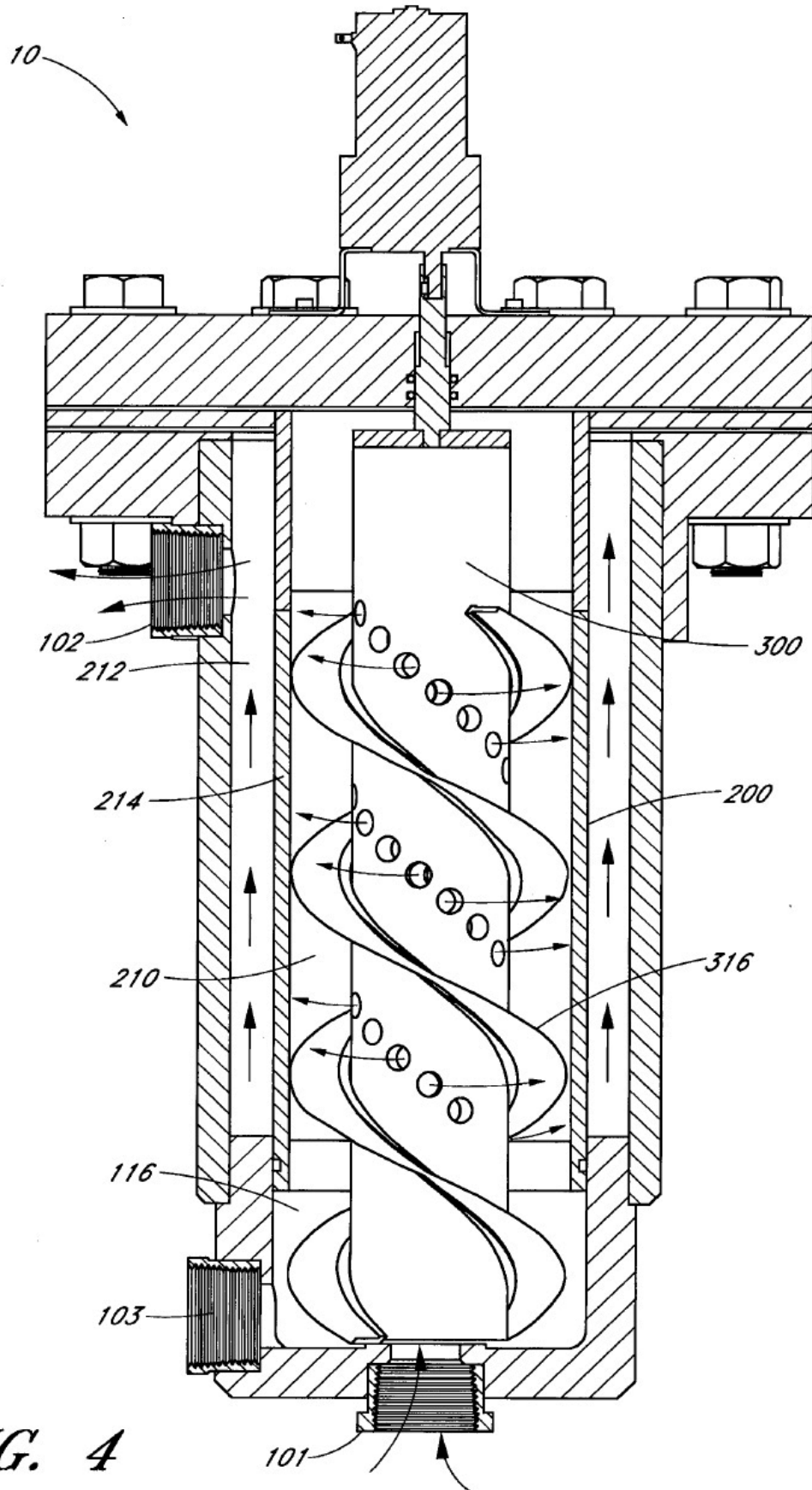
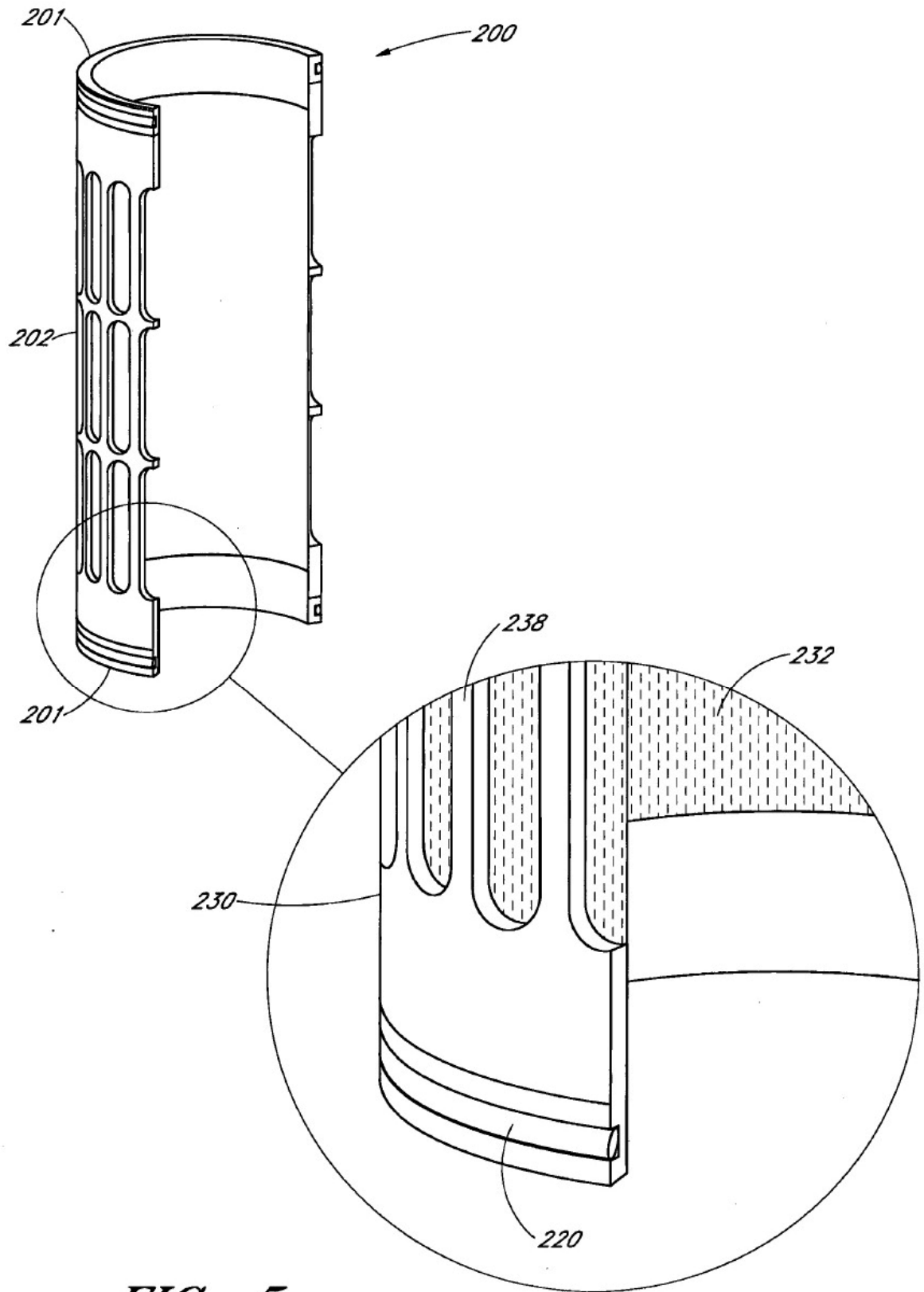
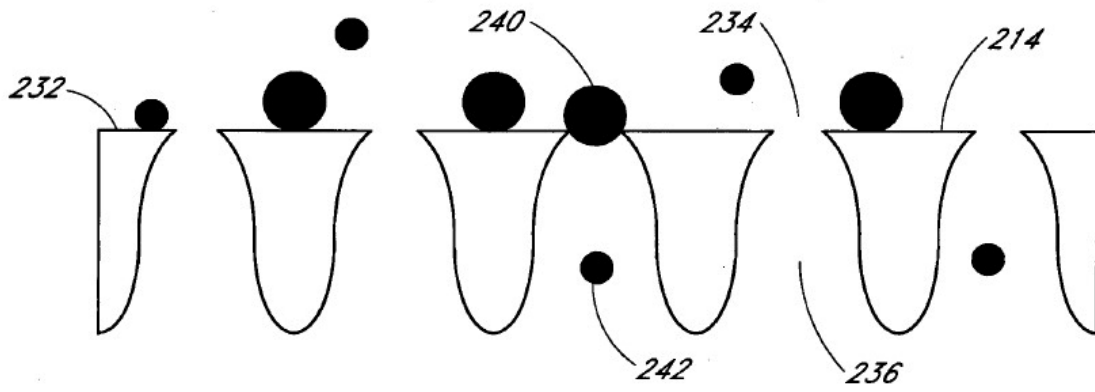


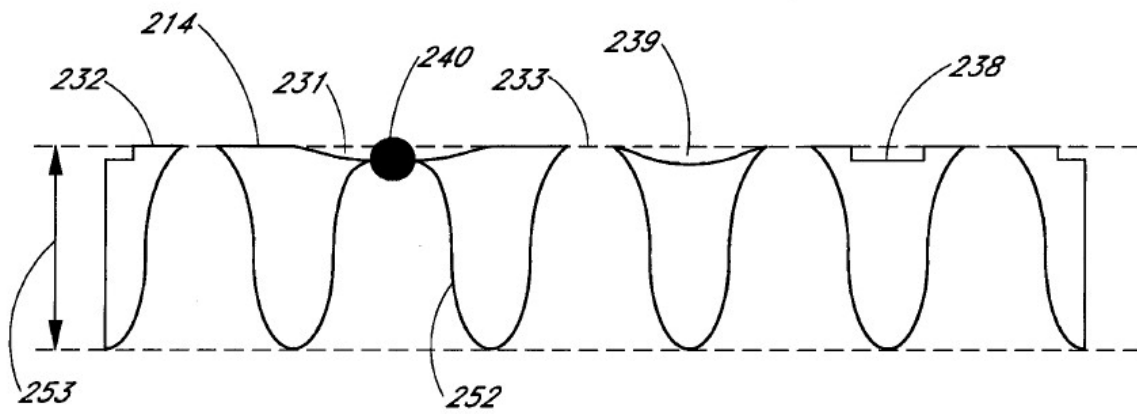
FIG. 4



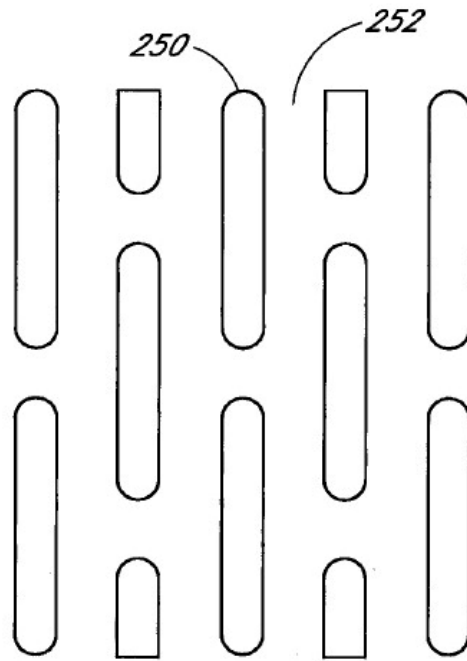
**FIG. 5**



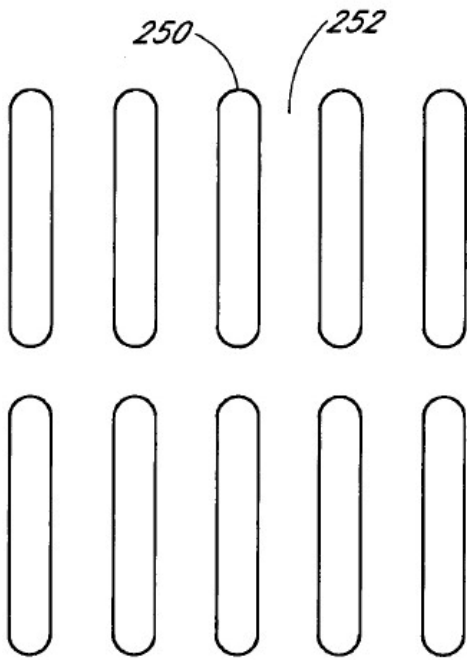
*FIG. 6*



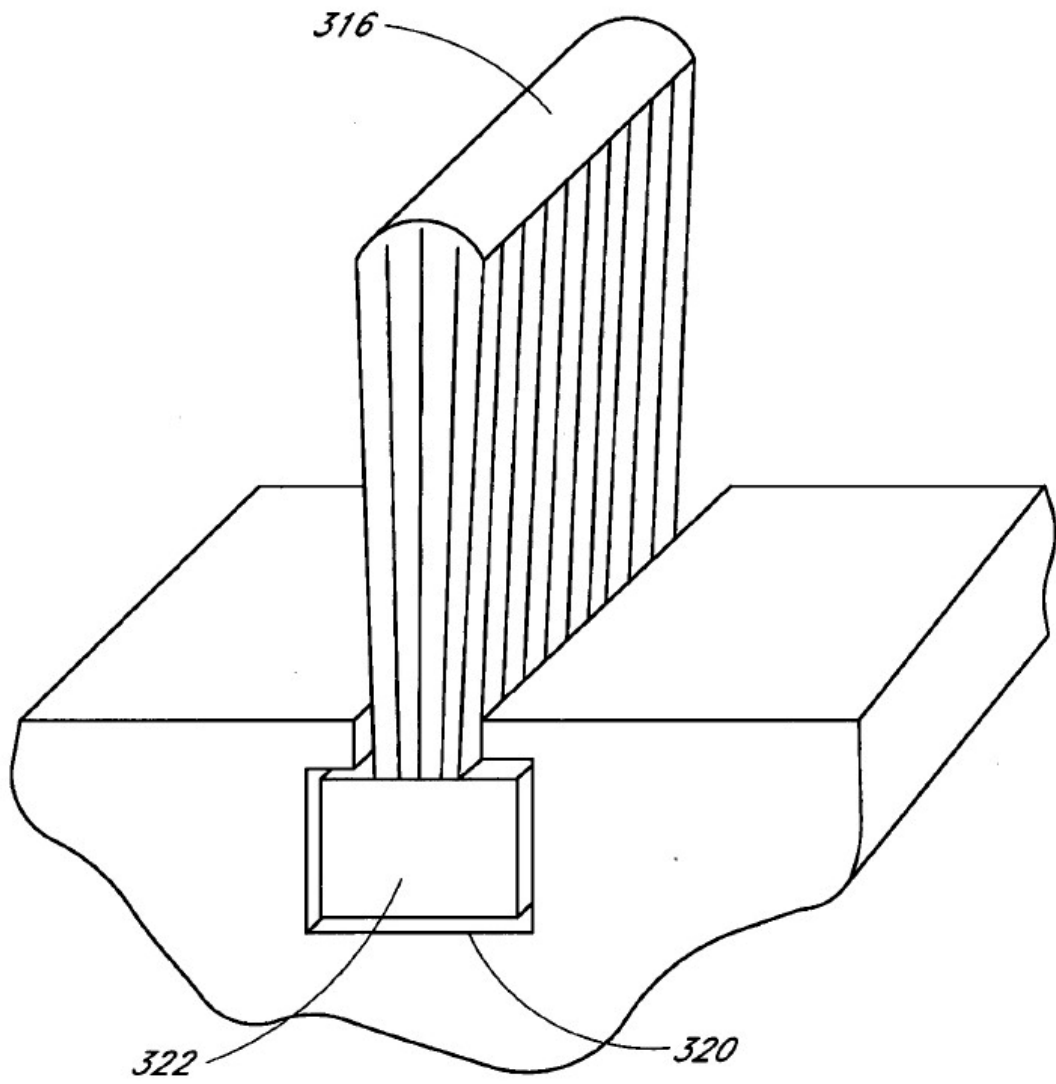
*FIG. 7*



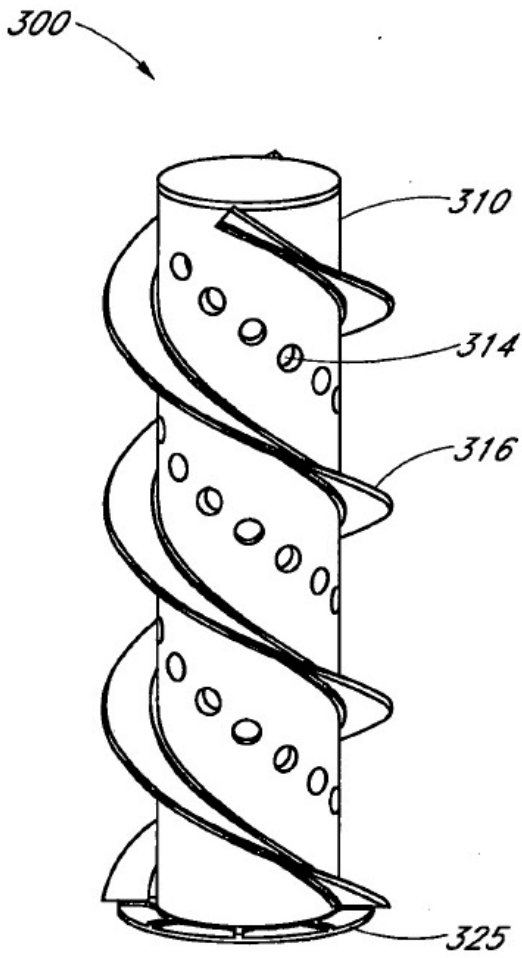
*FIG. 8*



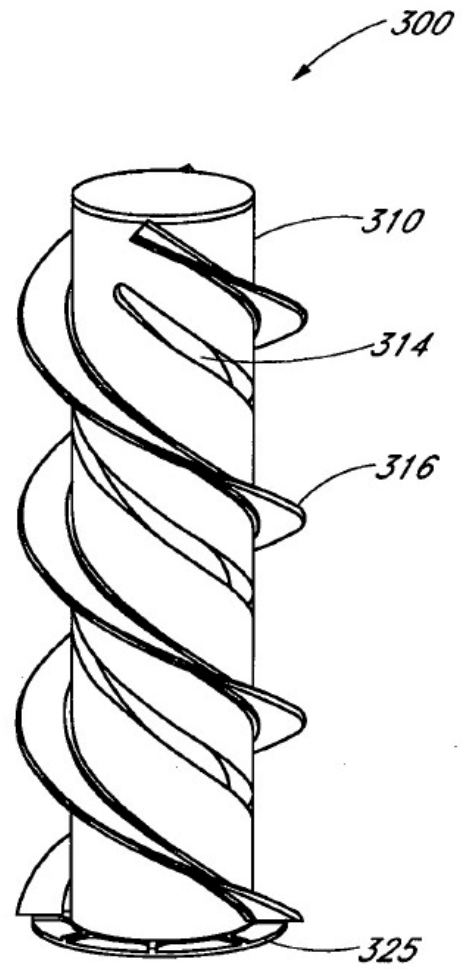
*FIG. 9*



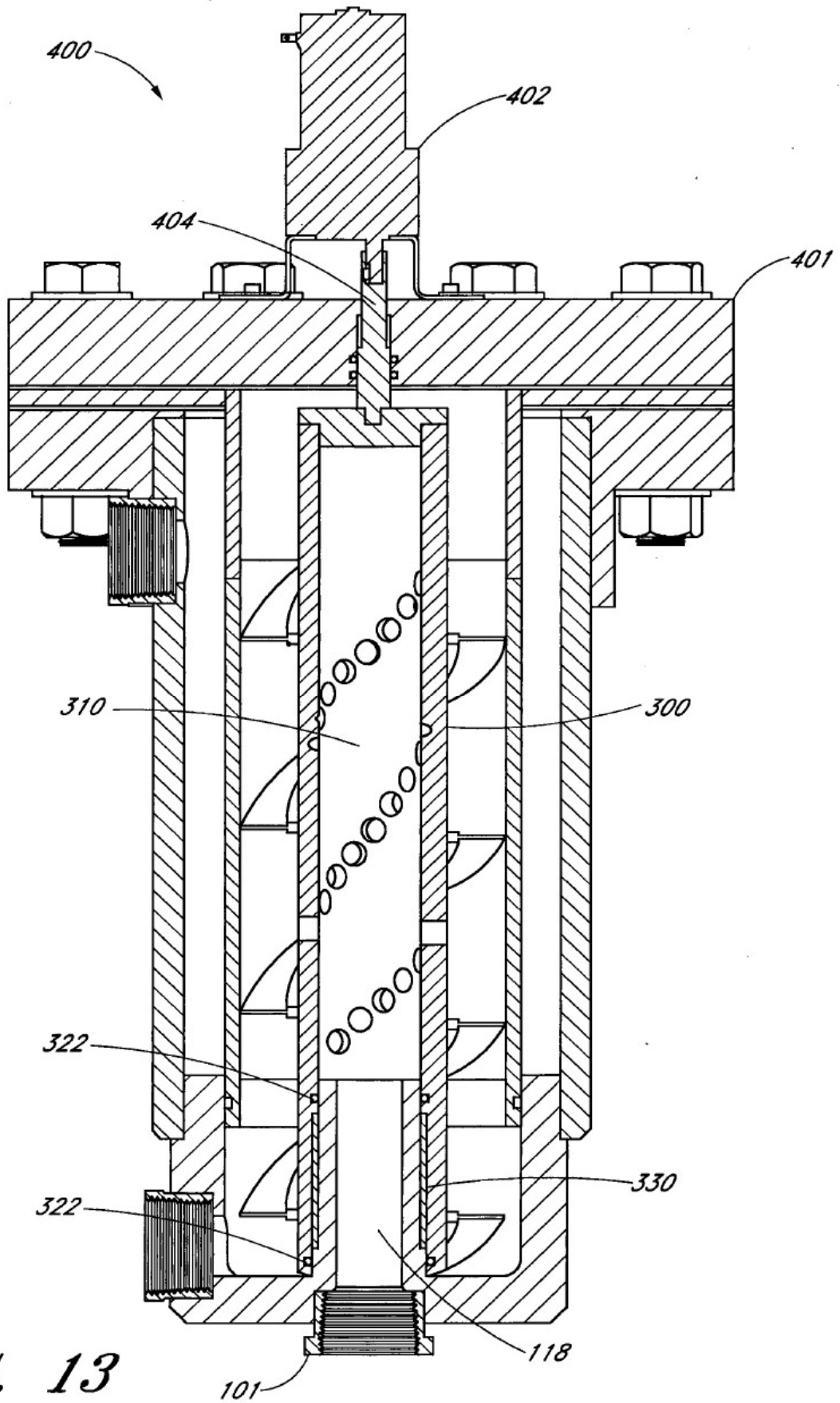
**FIG. 10**



*FIG. 11*

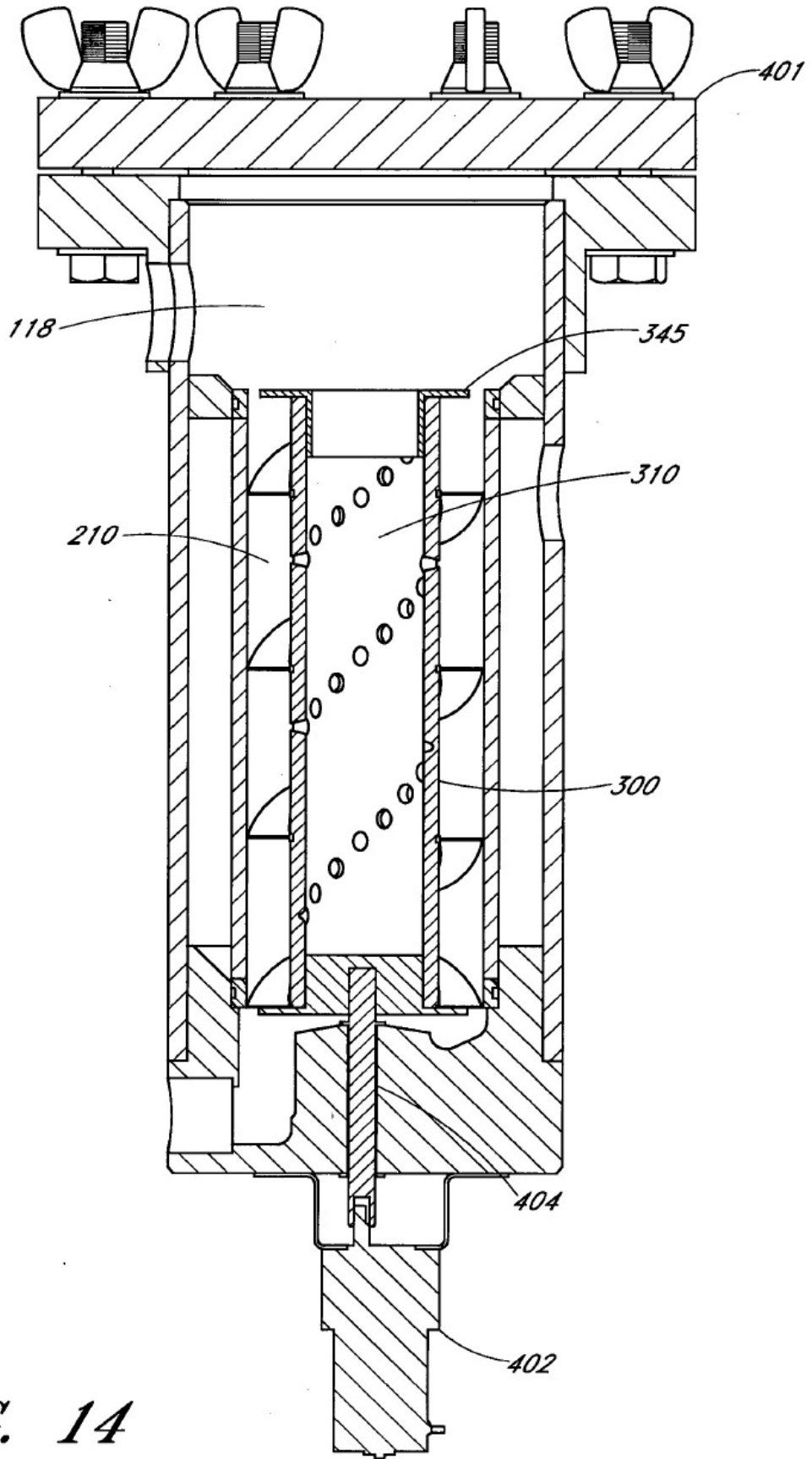


*FIG. 12*

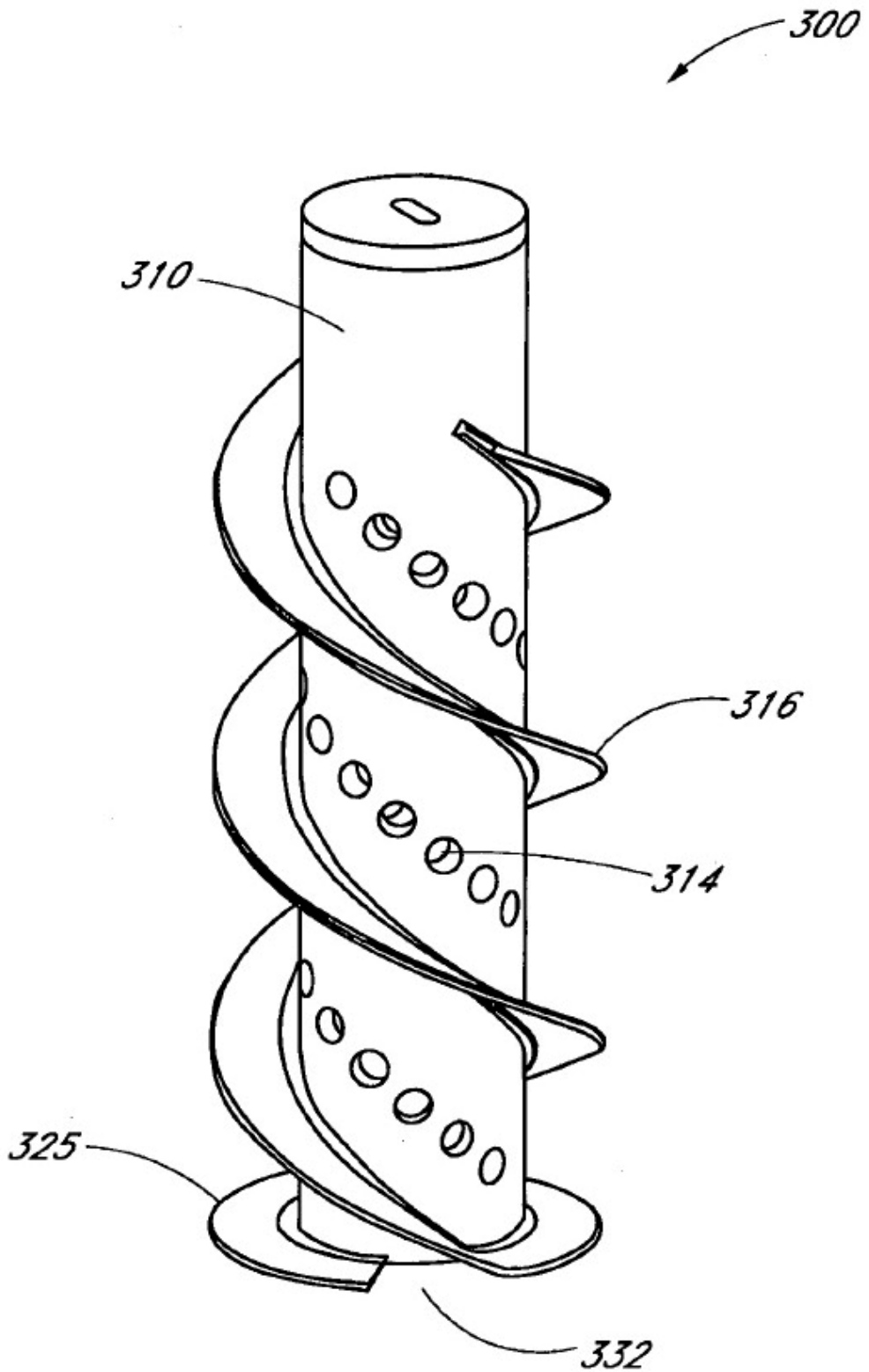


**FIG. 13**

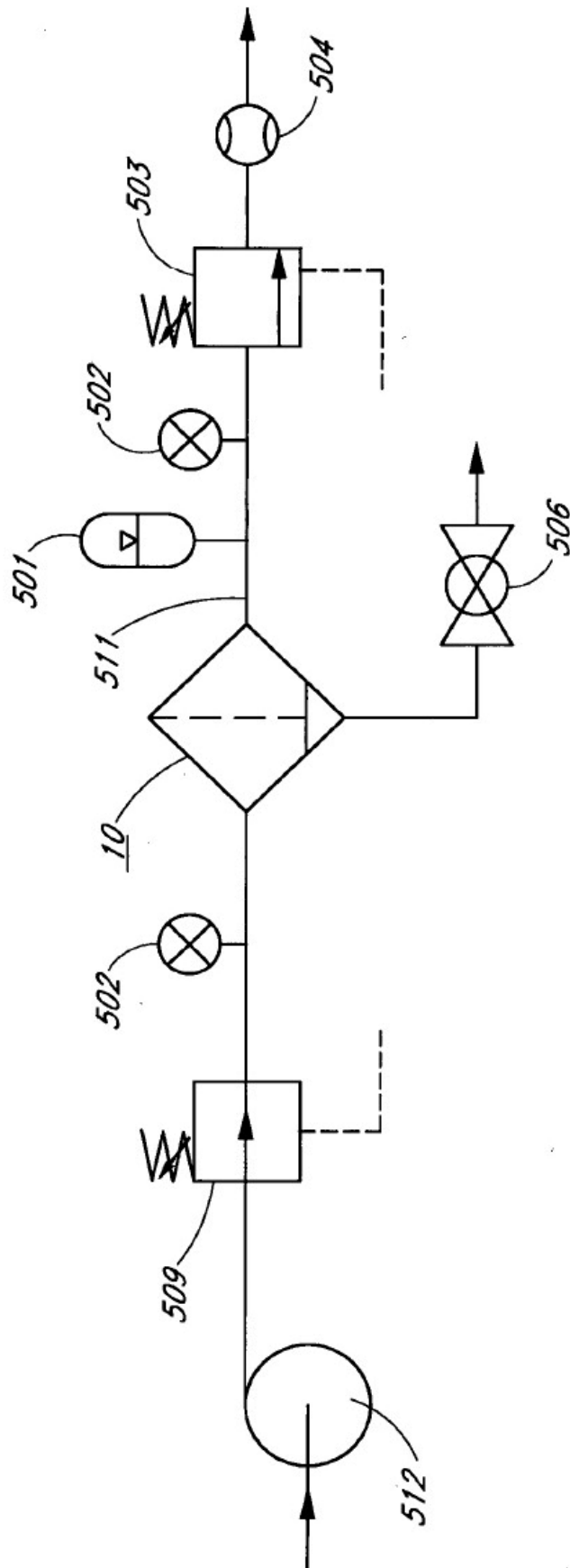




*FIG. 14*



**FIG. 15**



*FIG. 16*