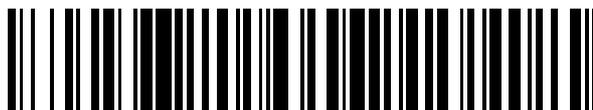


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 592 433**

51 Int. Cl.:

B01D 39/04 (2006.01)

B82Y 30/00 (2011.01)

B01D 39/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.11.2008 PCT/US2008/083206**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.05.2009 WO09067365**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.11.2008 E 08851464 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.06.2016 EP 2222385**

54 Título: **Medios de filtración, fibras finas de menos de 100 nanofibras, y métodos**

30 Prioridad:

20.11.2007 US 989218 P

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

30.11.2016

73 Titular/es:

**ELMARCO S.R.O. (100.0%)
Svarovska 621
46001 Liberec XI, CZ**

72 Inventor/es:

**GREEN, THOMAS B.;
KING, SCOTTY L. y
LI, LEI**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 592 433 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

Medios de filtración, fibras finas de menos de 100 nanofibras, y métodos

CAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención se refiere, en general, a nuevas estructuras de materiales compuestos de medios filtrantes que incorporan fibras finas.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 Es conocida la producción de fibras finas a partir de una disolución polimérica a través de hilatura electrostática (también conocida como "electro-hilatura") a través de un campo eléctrico creado por una diferencia de tensión entre un electrodo colector y un electrodo de hilatura. Por ejemplo, tal como se muestra en la Patente de EE.UU. N° 6.743.273, la disolución polimérica se bombea a un electrodo de hilatura en forma de un emisor rotatorio en el que la disolución de la bomba es bombeada desde un depósito y es forzada a través de agujeros en el emisor. Al salir, el potencial electrostático entre una rejilla y el emisor imparte una carga que hace que el líquido sea "hilado" en forma de fibras finas delgadas en que se recogen sobre un sustrato como una capa de eficiencia. Durante este proceso, el disolvente se separa por evaporación de las fibras finas que reduce el diámetro de la fibra durante su vuelo.

15 Otro ejemplo de un dispositivo de hilatura electrostática se muestra en las Publicaciones de Patente N°s US2006/0290031 y WO2006/131081. Los diseños de electrodos de hilatura descritos en estas solicitudes están en forma de un cuerpo rotatorio similar a un tambor que puede adoptar varias formas diferentes. El tambor está situado y es bañado en un depósito de la disolución polimérica y se hace girar alrededor de un eje perpendicular respecto a la trayectoria de un medio de recogida. Al girar el tambor a través de la disolución polimérica, la superficie de hilatura del electrodo cargado se recubre con la disolución polimérica. A lo largo de estas dos publicaciones de patentes se muestran diversas variaciones del cuerpo similar a un tambor que incluyen proporcionar múltiples puntas puntiagudas para crear lugares de hilatura discretos en donde se generan fibras finas.

25 Adicionalmente, en relación más específicamente con las fibras finas para medios filtrantes, existe la Publicación de Patente de EE.UU. N° 2007/0163217. La publicación '217 proporciona materiales compuestos de celulosa/poliamida para medios filtrantes con unión por disolvente entre la capa de fibras finas y la capa de sustrato. Tal como se describe en la misma, los materiales compuestos de celulosa/poliamida se produjeron por medio de bombeo y forzando el paso de la disolución polimérica a través de pequeñas boquillas para la deposición sobre un material de sustrato celulósico con disolvente residual suficiente para proporcionar una unión por disolvente para evitar la deslaminación entre el sustrato y la capa de fibras finas. Una deslaminación de este tipo o pérdida de una parte de la
30 capa de fibras finas pueden cambiar de forma no deseable las características de filtración. De acuerdo con ejemplos en ese documento, fibras finas hechas a partir de una poliamida se hicieron en tamaños de fibra de 120 nanómetros, 300 nanómetros y 700 nanómetros de acuerdo con la metodología explicada en el mismo. El material compuesto de medios filtrantes de poliamida y celulosa descrito en la publicación '217 ofrece ciertas características de filtración, tal como se muestra por un histograma de la distribución del tamaño de poros que se muestra en el mismo. La presente
35 solicitud e invención se refieren a desarrollos y avances en el estado de la técnica.

BREVE SUMARIO DE LA INVENCION

La presente invención tiene varios aspectos que pueden ser reivindicados y se erigen como patentables individualmente o en combinación, incluyendo pero no limitados a los siguientes.

40 Un primer aspecto de la presente invención se dirige a un medio filtrante que comprende una capa de sustrato de un medio permeable y una capa de fibras finas portada por la capa de sustrato, en el que la capa de fibras finas incluye una cantidad significativa de fibras con un diámetro de menos de 100 nanómetros. Una cantidad significativa de fibras con un diámetro de menos de 100 nanómetros se puede cuantificar de diferentes maneras alternativas tales como el percentil de fibras finas con un diámetro de menos de 100 nanómetros, diámetros medios de las fibras y/o diámetro medio de las fibras.

45 Preferiblemente, se proporciona una unión por disolvente entre la capa de sustrato y la capa de fibras finas para evitar la deslaminación de la capa de fibras finas suficiente para su uso en aplicaciones de filtración.

Otro aspecto de la presente invención se dirige a una propiedad de eficacia mejorada debido en parte a una capa de fibras finas. De acuerdo con este aspecto, un medio filtrante incluye una capa de sustrato de un medio permeable y una capa de fibras finas electro-hiladas portada por la capa de sustrato, en el que la combinación de la capa de sustrato y la capa de fibras finas, aparte de otras capas, tienen una eficiencia de al menos 90 por ciento para partículas de un tamaño de 0,75-1,00 micras. Adicionalmente, esto se consigue al mismo tiempo que se tiene una diferencia de menos de 15 por ciento en la caída de presión cuando se compara la combinación de la capa de fibras finas y la capa de sustrato con respecto a la capa de sustrato solo (e incluso más preferiblemente mucho menos).

Todavía otro aspecto de la presente invención se refiere a una distribución del tamaño de poros más controlada. En particular, un medio filtrante con una distribución de control del tamaño de poros puede comprender una capa de sustrato de un medio permeable y una capa de fibras finas electro-hiladas portada por la capa de sustrato, cuya combinación de las cuales y aparte de otras capas, en su caso, tiene al menos una distribución del tamaño de poros del 50 por ciento en un intervalo de separación de 6 micras.

Otro aspecto de la presente invención se dirige a un método de formación de medios filtrantes, que comprende disolver un polímero en un disolvente para formar una disolución polimérica; electro-hilar fibras finas de la disolución polimérica a partir de un electrodo; depositar las fibras finas sobre una capa de sustrato; y controlar parámetros de hilatura que incluyen la selección de al menos un polímero y al menos un disolvente para generar una cantidad significativa de fibras finas con un diámetro de menos de 100 nanómetros.

Un aspecto adicional es la utilización de un agente disolvente en combinación con un agente controlador de la tensión superficial y/o de la conductividad. Por ejemplo, se puede utilizar una mezcla de disolventes para provocar la formación de fibras más delgadas tal como una combinación de disolventes de ácidos acético y fórmico para un ejemplo de nilón.

Otros aspectos, objetivos y ventajas de la invención resultarán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada cuando se toma en unión con los dibujos adjuntos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los dibujos adjuntos incorporados en y que forman parte de la memoria descriptiva ilustran varios aspectos de la presente invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención. En los dibujos:

La FIG. 1 es una vista en alzado lateral, parcialmente esquemática, de una máquina para la generación de fibras finas que se puede utilizar para la producción de medios de filtración de acuerdo con una realización de la presente invención;

la FIG. 2 es una vista en planta parcialmente esquemática de la máquina mostrada en la FIG. 1;

la FIG. 3 muestra una vista isométrica de una pluralidad de cuencos de disolución polimérica y electrodos de electrohilatura y un mecanismo de accionamiento apropiado para el accionamiento de los mismos de acuerdo con una realización de la presente invención y que se puede incorporar y utilizar en la ilustración esquemática mostrada en la FIG. 1;

la FIG. 4 es una vista ampliada de una parte del aparato mostrado en la FIG. 3;

la FIG. 5 es una vista isométrica ampliada y diferente de una parte del aparato mostrado en la la FIG. 3 para ilustrar mejor un ejemplo de una unidad de accionamiento;

la FIG. 6 es una vista lateral ampliada de una de las unidades individuales del aparato mostrado en la FIG. 3;

la FIG. 7 es una vista en sección transversal de una de las celdas de electrohilatura o unidades mostradas en la FIG. 3;

la FIG. 8 es una ilustración demostrativa en un primer plano de una parte del electrodo de cadena sin fin en las figuras antes mencionadas para uso en la explicación de cómo se forman típicamente al menos dos lugares de hilatura a partir de un recubrimiento de disolución polimérica sobre cada uno de los segmentos individuales de la cadena durante el funcionamiento;

ES 2 592 433 T3

la FIG. 9 es una ilustración en perspectiva de un aparato de electro-hilatura con correa serpentina de acuerdo con una realización alternativa de la presente invención; y

5 la FIG.10 es todavía otra realización alternativa de la presente invención que implica dos poleas de rueda guía que accionan una cinta sin fin con una única ubicación de dispensación de la aguja para humedecer la cinta con una disolución polimérica durante la operación.

la FIG.11 es un histograma de la distribución del tamaño de poros para un ejemplo anterior conocido de un medio filtrante que incluye un material compuesto de fibras finas y medios filtrantes del sustrato de acuerdo con un producto disponible comercialmente de Donaldson Company, Inc.;

10 la FIG. 12 es un histograma de la distribución del tamaño de poros para el sustrato de medios filtrantes de los medios utilizados para la FIG. 11 (debido a que la capa de fibras finas ha sido separada empapando una muestra en alcohol isopropílico según la Norma Internacional EN-779) con el fin de ilustrar los efectos del revestimiento de la fibra fina del ejemplo anterior conocido;

la FIG.13 es un gráfico de los datos de eficiencia fraccional que proporciona una comparación entre los medios no revestidos y revestidos de las FIGs. 11 y 12 (teniendo los medios más eficientes una capa de fibras finas);

15 la FIG. 14 es un histograma de la distribución del tamaño de poros para un sustrato de medios filtrantes que se utiliza como un medio filtrante del sustrato en un ejemplo de una realización de la presente invención (sin una capa de fibras finas añadida al mismo);

20 la FIG. 15 es un histograma de distribución del tamaño de poros de un material compuesto de medios filtrantes que comprende el sustrato de medios filtrantes (utilizado en la FIG. 14) con una capa de fibras finas añadida de acuerdo con un ejemplo y realización de la presente invención;

la FIG. 16 es un gráfico de eficiencia fraccional de datos que proporciona una comparación entre los medios no revestidos y revestidos con fibras finas utilizados para las FIGs. 14 y 15 (teniendo los medios más eficientes una capa de fibras finas);

25 la FIG. 17 es una ilustración gráfica que muestra la concentración de partículas de polvo de polvo de ensayo ISO Fine utilizada para una prueba de eficiencia fraccional en esta memoria;

la FIG. 18 es una imagen de microscopio electrónico de barrido tomada en un nivel de aumentos de 40.000X de la capa de fibras finas del ejemplo de medios filtrantes conocido de Donaldson Company (p. ej., los medios para los que se muestran los resultados del ensayo para las Figs. 11 y 13), indicándose observaciones de medición en la imagen, con el propósito de comparación con la invención;

30 la FIG. 19 es una imagen de microscopio electrónico de barrido tomada a 40.000X aumentos de un ejemplo de capa de fibras finas producidas de acuerdo con una realización de la presente invención (p. ej., con resultados del ensayo mostrados en las FIGs. 15 y 16), indicándose las observaciones de medición en la imagen.

35 Aunque la invención se describirá en relación con ciertas realizaciones preferidas, no hay intención de limitarla a esas realizaciones. Por el contrario, la intención es cubrir todas las alternativas, modificaciones y equivalentes incluidas dentro del espíritu y alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

40 En esta descripción, la solicitante proporcionará primera descripciones de equipos de generación de fibras finas preferidos para la producción de medios filtrantes y luego pasará a nuevas fibras finas, medios filtrantes y métodos que se pueden realizar con ello. Para los fines de organización y legibilidad, se han previsto diferentes títulos de las secciones y sub-secciones. Se prestará atención primero a proporcionar realizaciones de la maquinaria de producción de fibras finas que pueda crear fibras finas y medios filtrantes de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

EQUIPO DE PRODUCCIÓN DE FIBRAS FINAS

Para fines de ilustración, un ejemplo de un equipo de producción de fibras finas para la creación de fibras finas y medios filtrantes de acuerdo con realizaciones de la invención se ilustra en forma esquemática parcial como una máquina de producción de fibras finas 10 como parte de un sistema de producción de medios filtrantes 12 en las FIGs. 1 y 2. El sistema de producción incluye un rodillo maestro 14 reemplazable de sustrato de medio de recogida de fibras finas mostrado en forma de un rodillo 14 de sustrato de medios filtrantes que está dispuesto en una máquina de desenrollado 16. La lámina de sustrato continua 18 es alimentada desde el rodillo 14 de sustrato de medios filtrantes a través de la máquina de producción de fibras finas para recoger fibras finas y se rebobina mediante una máquina de rebobinado 20 en un rodillo de medio filtrante 22 que tiene una capa de sustrato de medios filtrantes 24 y una capa de fibras finas 26 de alta eficiencia. Después de que el rodillo de sustrato maestro 14 se agota, se puede reemplazar un nuevo rodillo de sustrato de medios filtrantes, según sea necesario.

Tal como se muestra, la lámina 18 de los medios discurre a lo largo de una primera dirección 30 a través de la máquina de producción de fibras finas 10 generalmente desde una región de entrada 32 a una región de salida 34. Los lados 36 de la lámina de medios filtrantes generalmente discurren paralelos con esta primera dirección 30 de forma natural.

La máquina de producción de fibras finas incluye un campo electrostático que se genera entre los electrodos primero y segundo para incluir uno o más electrodos de hilatura 40, en donde se generan fibras finas por un lado y un electrodo de recogida 42 al que se incorpora las fibras finas bajo la fuerza proporcionada por el campo electrostático. Tal como se muestra, la lámina 18 de los medios discurre típicamente entre el electrodo de hilatura 40 y el electrodo de recogida 42 de tal manera que las fibras finas generalmente no se depositan sobre el electrodo de recogida 42, sino que, en su lugar, se depositan en la lámina de medios filtrantes 18. El electrodo de recogida 42 es preferiblemente una placa perforada conductora de una superficie específica sustancial para maximizar lugares en donde se recogen los hilos. Muchos pequeños orificios 46 están formados en la placa perforada para facilitar la succión de vacío de disolvente evaporado a través de un sistema de campana de ventilación 48 impulsado por ventilador que evacúa el disolvente evaporado a una ubicación externa, tal como fuera de una instalación. Tal como se muestra esquemáticamente, el electrodo de recogida 42 abarca al menos la anchura de los medios y la anchura de una longitud de electrodos de hilatura 40, en conjunto, al igual que el sistema de campana de ventilación 48. La capa de sustrato de medios filtrantes discurre en contacto con y se apoya contra el electrodo de recogida 42 bajo la presión de succión en contra de la gravedad. Preferiblemente, esta disposición de soporte es llana y plana tal como se ilustra.

Para generar el campo electrostático, se proporciona un suministro de alta tensión que está conectado a al menos uno de los electrodos 40, 42 para generar un diferencial de alta tensión entre los electrodos 40, 42 del orden de entre 10.000 y 150.000 voltios o más (y más preferiblemente para la producción de fibras finas para los medios filtrantes entre 75.000 y 120.000 voltios), aunque pueden ser posibles otros intervalos de tensión. Típicamente, el electrodo de recogida 42 estará simplemente conectado a tierra, sin embargo, la fuente de generación de tensión puede proporcionar un potencial al electrodo de recogida distinto al de tierra, de manera que el electrodo de hilatura puede no estar necesariamente a un potencial de alta tensión de este tipo con respecto a tierra. En cualquier caso, está dispuesta una fuente de tensión para generar un diferencial de tensión entre los electrodos primero y segundo, suficiente para generar la hilatura de fibras finas a partir de la disolución polimérica a través de un campo electrostático.

En una realización, un aparato incluye un único electrodo de hilatura 40. Por ejemplo, el electrodo único de la FIG. 7 se puede utilizar para formar su propia máquina. Tal como se muestra en las otras figuras, se pueden proporcionar múltiples electrodos de hilatura 40 entre la región de entrada 32 y la región de salida. Uno o más electrodos de hilatura se pueden montar como una unidad en una celda 50 de producción de fibras finas individual. Por ejemplo, múltiples celdas 50 de producción de fibras finas pueden estar dispuestas entre las entradas y las regiones de salida tal como se muestra en las FIGs. 1-3. Cada una de las celdas 50 de producción de fibras finas está acoplada a la alimentación de alta tensión 44 a través de un cable eléctrico 52 y cada una de las celdas está sujeta al mismo potencial de tensión eléctrica y diferencial con respecto al electrodo de recogida 42.

Volviendo con mayor detalle a una celda de producción individual 50, con referencia a la FIG. 7, cada una de las celdas 50 incluye un cuenco de inmersión 54 que puede adoptar la forma de una estructura de recipiente similar a una caja de paredes de plástico. Cada una de las paredes 56 del cuenco de inmersión 54 están construidas a partir de un material aislante tal como plástico (pero un material aislante de plástico u otro que no se considera soluble para los disolventes previstos para su empleo) a fin de evitar una descarga involuntaria de la tensión comunicada en el cuenco 54 de la alimentación de alta tensión 46. El cuenco de inmersión 54 contiene una disolución polimérica 58 que comprende un disolvente adecuado y un polímero adecuado para la electro-hilatura de fibras finas.

Montado en una de las paredes de plástico 56 se encuentra el terminal eléctrico metálico 60 que se extiende a través de una de las paredes 56 y que está conectado por un cable eléctrico 52 a la alimentación de alta tensión 44. El terminal 60 está en comunicación con la disolución polimérica 58 y, de ese modo, carga la disolución para la comunicación del potencial de tensión a través del mismo a lo largo del electrodo de hilatura 40.

5 Adicionalmente, para proporcionar para la reposición periódica de la disolución polimérica, un acoplamiento de fluido tal como acoplamiento de conexión rápida 62 que incluye convencionalmente una válvula de retención unidireccional está montado en y a través de una de las paredes 56 para permitir la reposición periódica de la disolución polimérica a través de la adición de más disolución de este tipo. Esta válvula puede ser conectada a un sistema de reposición de fluido que repone periódicamente el cuenco con más disolución polimérica para incluir una unidad de dosificación de fluido 64 y un depósito 66. Las válvulas de control o las unidades de dosificación individuales (una dedicada a cada una de las celdas) para controlar individualmente la disolución en cada una de las celdas.

15 Tal como se muestra, el electrodo de hilatura 40 puede adoptar la forma de una hebra y tal como se muestra en la realización, una hebra sin fin en forma de una cadena sin fin 70. La cadena sin fin 70 está hecha preferiblemente de metal o de otro material conductor de modo que sea fácilmente conductor y está en un circuito eléctrico con la fuente de alta tensión 44 en virtud de la comunicación eléctrica proporcionada por y a través de la disolución polimérica 58. La cadena sin fin 70 incluye preferiblemente una pluralidad de segmentos discretos individuales 72 tal como se muestra mejor en la FIG. 8. Cada uno de los segmentos discretos está conectado y separado de otro segmento adyacente por un hueco 74 y el segmento separador 76. En esta realización, los segmentos 72 son perlas que forman una cadena de cuentas en la que las perlas individuales adoptan la forma de bolas 78 generalmente esférica. Por ejemplo, una cadena de cuentas de metal de acero inoxidable puede proporcionar el electrodo de hilatura.

25 La cadena sin fin 70 está montada a lo largo de una trayectoria sin fin 80 en torno a dos guías que pueden adoptar la forma de ruedas de guía 82 móviles que están espaciadas en extremos opuestos del cuenco de inmersión 54. Las ruedas de guía 82 pueden ser estructuras tipo polea tal como se muestra y pueden ser de metal, plástico u otro material adecuado. Las ruedas de guía 82 están montadas para girar sobre ejes motrices de aislamiento 84 tales como ejes motrices de material plástico con el fin de aislar el potencial de tensión dentro del cuenco de inmersión 54. Los ejes motrices 84 son giratorios con relación a las paredes 56 del cuenco de inmersión 54. La cadena sin fin 70 es arrastrada alrededor de las ruedas de guía 82 para incluir una trayectoria de hilatura 86 lineal que está expuesta fuera de la disolución polimérica 58. La trayectoria de hilatura 86 mira a y está más próxima al electrodo de recogida 42. La cadena sin fin 70 también tiene una trayectoria de retorno 88 lineal que discurre a través del cuenco de inmersión 54 y la disolución polimérica 58 con el fin de regenerar periódicamente los segmentos de la cadena sin fin, es decir por inmersión de la cadena y discurriendo a través de la disolución polimérica. En un momento dado, una parte de la cadena está siendo regenerada con disolución y una parte está expuesta para la electro-hilatura.

35 Para conducir la cadena sin fin 70 a lo largo de la trayectoria sin fin 80 alrededor de las ruedas de guía 82, está prevista una unidad de accionamiento adecuado, que incluye un motor giratorio 90 que tiene una salida rotatoria sobre un eje de salida 92. La salida es entonces transferida a través de engranajes a un eje de transmisión 94 que transmite a través del mecanismo de cadena y rueda dentada 96 a las unidades de aislamiento eléctrico 98. Estas unidades 98 incluyen, alojamientos 100 separados pero estrechamente dispuestos (véase la Fig. 6) que contiene imanes permanentes 102 que están configurados en una disposición desplazada (imanes interpuestos entre sí) tal como se muestra, de tal manera que cuando se hace funcionar, la rotación de uno de los alojamientos 100 hace que el otro alojamiento 100 gire debido a la relación intercalada de los imanes permanentes 102 entre las dos carcasas y el rechazo o la atracción generadas de ese modo. Uno de los alojamientos de transmisión 100 está montado en al menos una de las ruedas de guía 86 para cada una de las celdas del cuenco de inmersión, de manera que la rueda de guía también sirve como una rueda de accionamiento para conducir la cadena sin fin 70 a lo largo de la trayectoria sin fin 80. Por supuesto, se pueden proporcionar otras unidades de accionamiento apropiadas para conducir la cadena sin fin 70 a lo largo de la trayectoria sin fin 80.

50 Tal como se puede ver en las FIGs. 1, 2 y 7, la parte de la trayectoria de hilatura lineal 86 de la cadena sin fin 70 se extiende transversalmente con relación a la primera dirección para el movimiento a lo largo de una segunda dirección 104 que es preferiblemente transversal (es decir, ya sea perpendicular o dispuesta de otra manera en sentido transversal tal como en diagonal o en oblicuo) con relación a la primera dirección 30. Como resultado de ello, ya que la lámina de medios se mueve longitudinalmente en la primera dirección 30 desde la región de entrada 32 a la región de salida 34, los segmentos individuales 72 de la cadena sin fin 70 se mueven longitudinalmente en la segunda dirección 104 a través de la lámina de sustrato entre lados opuestos 36.

55 Adicionalmente, tal como se muestra mejor en la FIG. 7, puede haber una distancia de separación constante 106 de los segmentos 72 del electrodo de recogida 42 y/o la lámina de medios 18 a medida que los segmentos individuales 72 se mueven a través de toda la trayectoria de hilatura lineal 86 de un extremo al otro. Una distancia objetivo

constante de este tipo puede incluir variaciones menores debido al pandeo de la cadena sin fin que no afectan materialmente a la producción de fibras finas. Como resultado de ello, la distancia de separación objetivo de hilatura 106 puede ser estrechamente controlada y no está sujeta a amplias variaciones como puede ser el caso en aplicaciones de tambor rotatorio. En la medida en que exista un pandeo en la cadena sin fin a lo largo de la trayectoria de hilatura lineal 86 que no es deseable, se pueden proporcionar soportes de guía intermedios (no mostrados) a lo largo de la trayectoria que también puede regenerar periódicamente el revestimiento polimérico sobre la cadena sin fin. Un aparato de soporte intermedio adicional de este tipo puede ser proporcionado en el caso de que se desee una electro-hilatura a través de tramos más largos. La regeneración Intermedia podría lograrse mediante el bombeo de la disolución polimérica desde una aguja en la cadena y/o a través de una rueda de transferencia que recoge la disolución y la transfiere a la cadena sin fin. En cualquier caso, en la medida en que haya cualquier pandeo secundario en la cadena sin fin a lo largo de la trayectoria de hilatura, todavía se considera literalmente incluir una distancia de separación 106 constante dentro del significado y el contexto de la presente invención y en las reivindicaciones anejas, y el movimiento a lo largo de la trayectoria de hilatura 86 se considerará literalmente lineal en el contexto de la presente invención y reivindicaciones adjuntas.

Tal como es evidente de lo anterior, la dirección de la trayectoria de hilatura lineal 86 y el movimiento de la cadena sin fin 70 es transversal con relación a la dirección de movimiento 30 de la lámina de los medios de recogida 18. Preferiblemente, y como se muestra, esta disposición transversal es preferiblemente perpendicular, a pesar de que se aprecia que se pueden utilizar otras disposiciones transversales que incluyan ángulos distintos de 90°. Por lo tanto, en el contexto en esta memoria, transversal incluye, pero no significa perpendicular, pero es más amplio en el sentido y está destinado a incluir también una hebra para la generación de electro-hilatura que generalmente se mueve transversalmente en una dirección generalmente entre los lados opuestos 36 de la lámina de medios de recogida 18.

De acuerdo con una realización del modo de funcionamiento, durante el funcionamiento la lámina de recogida de medios filtrantes 18 discurre a lo largo de la primera dirección de forma continua, así como la cadena sin fin 70 se mueve continuamente alrededor de la trayectoria sin fin 80. Sin embargo, se apreciará que el funcionamiento intermitente de cualquiera de los anteriores se puede lograr si se desea para diversos fines.

Durante el funcionamiento y tal como se muestra en las FIGs. 7 y 8, la cadena sin fin 70 a lo largo de la trayectoria de hilatura lineal 86 incluye múltiples ubicaciones de hilatura 108 que están alineadas linealmente en una matriz de al menos una fila y, como se muestra, dos filas. Las ubicaciones de hilatura están separadas por los huecos 74 que, en el caso de la presente realización, son huecos 74 separados a igual distancia entre sí, de manera que las ubicaciones de hilatura 108 están separadas a igual distancia entre sí a lo largo de la trayectoria de hilatura lineal 86. La razón es que la configuración de las bolas esféricas 78 genera típicamente dos ubicaciones de hilatura 108 para la formación de fibras finas 110. Tal como se muestra, las ubicaciones de hilatura 108 están en lados opuestos de la bola esférica 78 y separados a lo largo de un eje lateral 112 que es perpendicular con relación a la trayectoria de giro lineal 86 en virtud del rechazo eléctrico (p. ej., los hilos de hilatura cargados tienden a repelerse entre sí). Así, la naturaleza curva de los segmentos individuales 72 es beneficiosa para producir la separación deseada entre ubicaciones de hilatura y para proporcionar múltiples ubicaciones de hilatura por cada segmento individual, produciendo de ese modo la fibra más fina y controlando la producción de fibra fina para fines de uniformidad. Sin embargo, se apreciará que podrían hacerse otras configuraciones tales como proporcionar un borde afilado para la producción de una ubicación de hilatura o una hebra no segmentada.

En el caso de polímeros solubles en agua en los que se utiliza agua como disolvente, el aparato se puede utilizar en un estado no cubierto. Sin embargo, la realización descrita tiene una característica opcional y preferida significativa que proporciona ventajas significativas sobre los sistemas de inmersión tradicionales, proporcionando una cubierta central 116 que está dispuesta para cubrir sustancialmente el extremo 118, de otro modo abierto, del cuenco de inmersión. Con esta disposición, se puede ver que el electrodo de cadena sin fin es conducido alrededor de la tapa para incluir una primera parte que está contenida dentro del cuenco de inmersión y está sustancialmente encapsulada en el mismo por la cubierta y una segunda parte que está expuesta y es capaz de generar fibras finas. La cubierta 116 puede estar interpuesta entre diferentes partes del electrodo de resorte tal como se muestra y puede encerrar sustancialmente la inmersión del electrodo. La cubierta 116 se extiende sustancialmente entre las ruedas de guía separadas 82 y en la presente realización puede incluir ranuras de guía 120 de la rueda que reciben las ruedas de guía a través del mismo y proporcionan una abertura a través de la cual puede pasar la cadena sin fin 70. En el caso de la presente realización, que incluye dos cadenas sin fin 70 por celda 50 con sólo dos ruedas de guía 82 previstos para cada una de las cadenas sin fin 70, se puede proporcionar un total de cuatro ranuras 120. Se pueden proporcionar ranuras adicionales para ruedas de guía adicionales en otros aparatos de apoyo, según se desee o sea necesario. La cubierta 116 es particularmente ventajosa cuando la disolución polimérica implica un disolvente volátil y/o un disolvente distinto de agua. Por ejemplo, ciertos materiales disolventes pueden evaporarse más rápidamente que el agua y, por lo tanto, hacen que sea más difícil mantener un polímero deseable en relación de disolución. La cubierta 116 reduce al mínimo la cantidad de disolvente que está expuesta externamente en

cualquier momento y, por lo tanto, minimiza la pérdida de disolvente. Esto también es quizás más ventajoso desde el punto de vista de ahorro de materiales y medioambiental.

5 Por ejemplo, una comparación de una realización de cadena de cuentas sin fin cubierta acuerdo con la descripción de las FIGs. 1-8 con una máquina disponible en el comercio que tiene una configuración sin cubrir, a saber, una máquina de El-Marco NANOSPIDER modelo NS-8A 1450, disponible de El-Marco, s.r.o., Liberec, República Checa, ha mostrado un considerable ahorro de disolvente a lo largo de periodo de ensayo de 16 horas. En particular, para hilar fibras finas de polímero a partir de una disolución polimérica al 12% (relación de polímero a disolución), tal como nilón 6 utilizando 1/3 de ácido fórmico y 2/3 disolvente de ácido acético, la reposición de la disolución polimérica local en el cuenco de inmersión no cubierto de la máquina de El-Marco ha requerido la reposición del
10 cuenco de inmersión con una disolución polimérica más diluida (y, por lo tanto, más disolvente) para mantener una disolución al 12% en el cuenco de inmersión debido a la pérdida de disolvente evaporado. Específicamente, la máquina El-Marco requería una disolución de reposición rica en disolvente de una solución al 2%. Considerando que una realización ha sido capaz de lograr el mantenimiento de una disolución polimérica al 12% con una disolución más rica en polímero de una disolución de reposición al 7% debido a menos evaporación de disolvente. Al hacer
15 esta comparación, se reconoce que no todos los parámetros de las máquinas son iguales (p. ej., entre otras cosas: los electrodos están configurados de manera diferente y son accionados de manera diferente, el caudal de medios de recogida puede ser diferente, el tamaño del cuenco de inmersión puede ser más pequeño en una realización de la invención, considerando que puede ser más delgado en la dirección de movimiento de los medios de recogida, ya que no tiene que adaptarse a la rotación de un electrodo de tipo tambor).

20 No obstante, considerando que la evaporación se refiere en gran parte a la superficie específica disponible (y cosas tales como la agitación de la superficie y el flujo de aire - p. ej., en torno a las regiones de entrada y salida de la parte de inmersión del electrodo), el ahorro de disolvente se debe principalmente a la técnica del cuenco y cubrimiento del electrodo descrita en esta memoria. Por ejemplo, las realizaciones de las FIGs. 1-8 cubren sustancialmente la superficie de la disolución polimérica y también la entrada de inmersión y lugares de salida
25 (zonas de agitación) del electrodo. Como tal, no se ve que otros parámetros afecten a la pérdida por evaporación de una manera significativa. Al comparar las máquinas, se ha calculado que el ahorro de evaporación del disolvente puede ser de hasta 60% o más. Gran parte de esta ventaja se considera debido al cubrimiento del electrodo durante la inmersión y que encierra sustancialmente la disolución polimérica. Como tal, se proporciona preferiblemente suficiente recubrimiento para reducir la pérdida de disolvente en al menos 25% y más preferiblemente en al menos
30 un 50%.

En la práctica de una realización, la cubierta 116 se puede fijar firmemente a las paredes del cuenco de inmersión
54, mediante tornillos o de otro modo. La configuración y la fijación de la cubierta pueden depender de la configuración del electrodo. Son posibles otras disposiciones u otros tipos de sistemas de hilatura del electrodo. Preferiblemente, la cubierta reduce la evaporación de disolvente de la disolución polimérica en al menos un 25% en
35 comparación con un aparato de hilatura de electrodo descubierto, e incluso más preferiblemente en al menos un 50%. Por ejemplo, mediante el ejemplo anterior se demuestran ahorros de aproximadamente dos terceras partes de disolvente.

Adicionalmente, la realización ilustrada incluye cubiertas del extremo 122 en extremos opuestos de la celda 50 que están montadas a extensiones 124 de la pared que se extienden por encima de la cubierta 116, de manera que las
40 cubiertas del extremo 122 están posicionadas por encima de los extremos opuestos de la cadena sin fin 70 y están dispuestas por encima de las ruedas de guía 82. Las cubiertas 122 del extremo también sirven para reducir la evaporación del disolvente, pero también sirven como mortajas para limitar la duración de la producción de fibras finas. Tal como se muestra, el tramo de la cubierta 126 del extremo entre los bordes interiores de cubiertas del extremo opuesto es aproximadamente el mismo y preferiblemente sólo ligeramente mayor que la anchura de la
45 lámina 18 de los medios correspondiente definida entre lados opuestos 36. La cubierta 122 del extremo puede ser ajustable y/o intercambiable con otras cubiertas del extremo más largas, de manera que el tramo 126 puede ser ajustable para adaptarse a diferentes anchuras de las láminas 18 de los medios de recogida que pueden circular a través de la máquina de producción de fibras finas 10.

Volviendo a la FIG. 9, se ilustra una realización alternativa de la presente invención como una máquina de
50 producción de fibras finas 140 que es similar en muchos aspectos a la primera realización. Por ejemplo, esta realización emplea, de manera similar, una hebra que se humedece con la disolución polimérica y que puede mantener una separación constante de la ubicación de hilatura con relación a los medios de recogida. Además, esta realización también incluye una hebra sin fin que es impulsada alrededor de una trayectoria sin fin para proporcionar un electrodo de hilatura. Como tal, los detalles serán dirigidos hacia algunas de las diferencias más sobresalientes.

En esta realización, la máquina de producción de fibras finas incluye una correa serpentina sin fin 142 que es accionada en una trayectoria sin fin alrededor de múltiples ruedas de guía 144. La correa serpentina 142 se hace preferiblemente de un material conductor y puede adoptar la forma de una banda metálica sin fin continua tal como se muestra para proporcionar un electrodo de hilatura. La correa serpentina 142 incluye varios segmentos lineales 146 entre ruedas de guía 144 adyacentes, cada una de las cuales que proporciona una de varias ubicaciones de hilatura. En general, el borde 148 que estaría dispuesto más cerca del electrodo de recogida proporciona las ubicaciones de hilatura. Este borde 148 puede ser dentado para proporcionar múltiples bordes afilados discretos y separados por igual (no mostrados) y/o se puede configurar con bolsillos y similares para proporcionar depósitos de fluido de disolución polimérica locales a lo largo del borde 148. Preferiblemente, las ruedas de guía incluyen dientes u otra estructura de posicionamiento que se acoplan con los agujeros 152 y otra estructura de posicionamiento similar en la correa 142, de tal manera que el borde se puede mantener a una distancia constante y, por lo tanto, mantener a una distancia de separación constante 106 si se desea tal espaciamiento constante.

La correa serpentina 142 está sujeta a una fuente de tensión para generar el campo electrostático, sirviendo de este modo como un electrodo de hilatura. Para proporcionar la disolución polimérica a lo largo de la correa 142, esta realización incluye un sistema de suministro de humectación que incluye una o más agujas 154 que tienen orificios de control 155 espaciados junto al borde 148 de la correa serpentina 142. Adicionalmente, las agujas están conectadas a lo largo de las líneas de fluido a una fuente de disolución polimérica presurizada, proporcionada por una bomba 156 que suministra disolución polimérica desde un depósito 158. Por lo tanto, la generación de la hebra no necesita necesariamente ser sumergida, sino que se puede humedecer, alternativamente, en otros medios de acuerdo con esta realización. Adicionalmente, esta forma de realización también proporciona la capacidad de sumergir el electrodo en un cuenco de inmersión. Por ejemplo, partes de la correa serpentina pueden estar dispuestas para funcionar verticalmente en lugar de horizontalmente debido a la naturaleza flexible de una correa serpentina. Alternativamente, la parte de la derecha puede ser sumergida en un recipiente de inmersión que contiene la disolución polimérica con los medios de recogida dispuestos para discurrir verticalmente, en lugar de horizontalmente.

Todavía una tercera realización de la presente invención se muestra en la FIG. 10 en forma de una máquina de producción de fibras finas 160 parecida a la realización anterior de la FIG. 9. Por lo tanto, la discusión será limitada. Esta realización puede emplear, de manera similar, un sistema de suministro polimérico que comprende un orificio de control de la aguja, una bomba y un depósito para la disolución polimérica. Esta realización también emplea un cordón sin fin, que en esta realización adopta la forma de una banda de metal 162 más simplista conducida alrededor de dos poleas 164. La generación de fibras se puede obtener desde el borde 166 que está destinado a disponerse más cerca de los medios de recogida (no mostrado). Esta realización es también muy similar a la primera realización, excepto que los dos segmentos lineales 168 de la banda 162 están dispuestos para la producción de fibras y pueden no estar sumergidos en la disolución polimérica. Debe señalarse que no necesariamente cada uno de los segmentos 168 se debe mantener en una distancia constante. Por ejemplo, puede ser beneficioso generar diferentes fibras de diferentes características para tener diferentes hebras de electrodo de hilatura de generación de fibras dispuestas a diferentes distancias con relación a los medios de recogida. En esta realización, las poleas 164 pueden adoptar la forma de poleas de otra estructura de posicionamiento para mantener el posicionamiento del borde 166 con relación a los medios de recogida.

Una vez que se ha proporcionado una explicación de un equipo preferido, la atención será dirigida ahora hacia nuevos medios filtrantes, fibras finas y métodos, que pueden ser producidos por el equipo descrito anteriormente, o de otra manera.

MEDIOS FILTRANTES EN GENERAL

Corrientes de fluido tales como flujos de líquidos y flujos gaseosos (p. ej., flujos de aire) portan a menudo partículas que a menudo son contaminantes indeseables arrastradas en la corriente de fluido. Comúnmente se emplean filtros para separar algunos o todos los materiales en partículas de la corriente de fluido. Por ejemplo, los sistemas de filtración de aire se utilizan para filtrar corrientes gaseosas para una amplia diversidad de aplicaciones. Ejemplos de tales sistemas incluyen: sistemas de admisión de aire del motor de combustión; sistemas de admisión de aire de la cabina del vehículo; sistemas HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado); sistemas de ventilación de salas limpias; diversas aplicaciones industriales que utilizan bolsas de filtro, tejidos de barrera, materiales tejidos; sistemas de generación de energía; sistemas de turbinas de gas; y sistemas de hornos de combustión, por nombrar unas pocas aplicaciones de filtración de aire más comunes. De manera similar, la filtración de líquidos implica también una amplia diversidad de aplicaciones que incluyen la filtración de: agua, combustible, refrigerante, aceite y fluido hidráulico por nombrar unos pocos de los líquidos más comunes que son filtrados.

Típicamente, existen dos tipos de medios filtrantes: medios de carga en superficie (también conocida como filtración de barrera); y medios de profundidad. Los medios de carga en superficie atrapan generalmente partículas en la superficie de los medios en una capa fina a la que a veces se hace referencia como una torta de filtración. A menudo, la capa de la torta de filtración se forma como una piel fina sobre los medios filtrantes, que puede ser despegada habitualmente con una fuerza mecánica relativamente pequeña. En algunas aplicaciones tales como las aplicaciones de impulsos inversos, la torta de filtración es arrancada de forma automática de la superficie de los medios filtrantes a través de una ráfaga de impulsos inversa de aire (u otra aplicación de fuerza mecánica) y es recogida en un receptáculo de desechos. Muchas veces, el filtro simplemente se sustituye después de la acumulación de suficiente torta de filtración. Los medios profundos, por otra parte, funcionan a través del espesor de los medios para atrapar partículas internamente dentro de la "profundidad" de los medios. Medios profundos se cargan con materiales en partículas por todo el volumen o profundidad ocupado por los medios.

El papel de filtro es una forma ampliamente utilizada de medios de carga en superficie. En general, el papel de filtro comprende densas esteras de fibras de celulosa, fibras sintéticas y/u otras fibras orientadas generalmente transversales con respecto a una corriente de fluido. El papel de filtro se construye generalmente (1) para ser permeable al flujo de fluido; (2) tener un tamaño de poro lo suficientemente fino para inhibir el paso de partículas mayores que un tamaño determinado; y (3) tener la porosidad apropiada para permitir el paso del fluido suficiente para alimentar los requisitos de fluido del sistema o de la aplicación del filtro. A medida que los fluidos pasan a través del papel de filtro, la cara de aguas arriba del papel de filtro actúa a través de la difusión y la interceptación para capturar y retener partículas de tamaño seleccionados de la corriente de fluido.

Una característica de los de parámetros comunes de los medios filtrantes es la "eficiencia" de los medios filtrantes. La eficiencia es la propensión de los medios a atrapar materiales en partículas en lugar de permitir que los materiales en partículas no se filtren y en lugar de pasar a través de los medios. Otra característica común es la caída de presión a través de los medios que, a menudo, se ha relacionado tradicionalmente con la porosidad de los medios. La caída de presión se refiere a cuan restrictivos sean los medios filtrantes al flujo de fluido. Típicamente, tamaños de poro grandes han permitido un mayor flujo de fluido, pero también, por desgracia, resulta típicamente en que pasan más materiales en partículas. Como resultado de ello, a menudo la eficiencia está en desacuerdo con la caída de presión. En particular, aunque a menudo es deseable atrapar una gran cantidad de materiales en partículas, el proporcionar una alta eficiencia de este tipo ha tenido el efecto indeseable de aumentar el grado de restricción de los medios y, por lo tanto, la caída de presión a través de los medios.

La eficiencia significa o se refiere a menudo a la eficiencia inicial, que es la eficiencia de los medios filtrantes post-fabricación, pero antes de su uso y de ser cargados con materiales en partículas. Durante el uso, los medios filtrantes atrapan y, con ello, recogen y atrapan materiales en partículas en forma de una torta de polvo fino y/o de otro modo dentro de los medios. Estos materiales en partículas separados por filtración taponan los agujeros más grandes en los medios, evitando de este modo que partículas más pequeñas pasen por los agujeros y, con ello, aumenta la eficiencia de los medios a lo largo del tiempo a una eficiencia de funcionamiento mayor que la eficiencia inicial. Sin embargo, al taponar las trayectorias de flujo de fluidos, tales materiales en partículas filtrados también eliminan o parcialmente obstruyen un paso de fluido y, con ello, aumentan la caída de presión a través de los medios, haciéndolo más restrictivo al flujo de fluido.

Habitualmente, la vida útil del filtro viene determinada por la caída de presión a través del filtro. A medida que más y más partículas se separan por filtración del flujo de fluido y son atrapadas por los medios filtrantes, los medios filtrantes se hacen más restrictivos al flujo de fluido. Como resultado, la caída de presión a través de los medios filtrantes se vuelve más alta. Finalmente, los medios se vuelven demasiado restrictivos, resultando en una cantidad insuficiente de flujo de fluido para las necesidades de fluido de la aplicación dada. Los intervalos de cambio de filtro se calculan para coincidir aproximadamente con un evento de este tipo (p. ej., antes de llegar a una situación de flujo insuficiente de fluido). Los intervalos de cambio de filtro también se pueden determinar a través de sensores que miden la carga de la caída de presión a través de los medios.

Un parámetro útil para los medios filtrantes que se utiliza a menudo en la industria de los filtros es el MERV (Valor de Reporte de Eficiencia Mínima) característico de acuerdo con la Norma ASHRAE 52.2. Esto incluye una medida de la eficiencia relativa a la resistencia a la caída de presión. Un número más alto del MERV identifica generalmente un grado más alto de los medios filtrantes, que típicamente son más caros. Por ejemplo, la siguiente tabla recoge los requisitos de presentación de informes de valor MERV.

ES 2 592 433 T3

TABLA 1 Parámetros del Valor de Reporte de Eficiencia Mínima (MERV)

Valor de Reporte de Eficiencia Mínima (MERV) Norma 52.2	Eficiencia Tamaño de Partículas Medio, % en Intervalo de Tamaños, μm			Arrestancia Media, %, por Método de la Norma 52.1	Resistencia Final Mínima	
	Intervalo 1 0,30-1,0	Intervalo 2 1,0-3,0	Intervalo 3 3,0-10,0		Pa	plg de agua
1	n/a	n/a	$E_3 < 20$	$A_{avg} \leq 65$	75	0,3
2	n/a	n/a	$E_3 < 20$	$65 \leq A_{avg} < 70$	75	0,3
3	n/a	n/a	$E_3 < 20$	$70 \leq A_{avg} < 75$	75	0,3
4	n/a	n/a	$E_3 < 20$	$75 \leq A_{avg}$	75	0,3
5	n/a	n/a	$20 \leq E_3 < 35$	n/a	150	0,6
6	n/a	n/a	$35 \leq E_3 < 50$	n/a	150	0,6
7	n/a	n/a	$50 \leq E_3 < 70$	n/a	150	0,6
8	n/a	n/a	$70 \leq E_3$	n/a	150	0,6
9	n/a	$E_2 < 50$	$85 \leq E_3$	n/a	250	1,0
10	n/a	$50 \leq E_2 < 65$	$85 \leq E_3$	n/a	250	1,0
11	n/a	$65 \leq E_2 < 80$	$85 \leq E_3$	n/a	250	1,0
12	n/a	$80 \leq E_2$	$90 \leq E_3$	n/a	250	1,0
13	$E_1 < 75$	$90 \leq E_2$	$90 \leq E_3$	n/a	350	1,4
14	$75 \leq E_1 < 85$	$90 \leq E_2$	$90 \leq E_3$	n/a	350	1,4
15	$85 \leq E_1 < 95$	$90 \leq E_2$	$90 \leq E_3$	n/a	350	1,4
16	$95 \leq E_1$	$95 \leq E_2$	$95 \leq E_3$	n/a	350	1,4

5 Un problema con la formación de la torta de polvo fino, en el caso de la filtración de carga de superficie, es que la torta de polvo fino se puede acumular rápidamente y rápidamente limita la vida útil del filtro. Como resultado de ello, el papel de filtro es a menudo plisado, estriado o construido de otro modo de una manera amontonada similar a aumentar la cantidad de medios y los medios de superficie específica para un volumen dado. Por consiguiente, medios revestidos con fibras finas de acuerdo con realizaciones de carga de superficie de la presente invención son típicamente plisados, estriados o agrupados de otra manera en una manera de construcción elemento de filtro adecuada para aumentar la capacidad de filtración.

10 Mientras que la agrupación de los medios de superficie tal como en forma plisada aumenta la vida del filtro, dichas construcciones de filtro de carga de superficie tienen limitaciones. Por esta razón (y considerando cuestiones de resistencia a la rotura), los medios cargados en superficie han encontrado principalmente su uso en aplicaciones en las que están implicadas velocidades relativamente bajas a través de los medios filtrantes, a menudo no mayores que aproximadamente 30 pies por minuto y típicamente alrededor de 20 o 10 pies por minuto o menos. Por ejemplo, existen aplicaciones de bajo caudal en torno a 1 pie por minuto. El término "velocidad", como se utiliza en esta memoria, se refiere a la velocidad media a través de los medios (es decir, el volumen de flujo por área de medios).

20 En muchas aplicaciones de medios filtrantes y, particularmente, aplicaciones de caudal elevado, se elige medios de profundidad. Un medio típico de profundidad comprende una colección enredada relativamente gruesa de material fibroso. Un filtro de los medios de profundidad convencional típico son medios de densidad profunda (medida desde la entrada hasta la salida final) y sustancialmente constante. Específicamente, la densidad de los medios de profundidad permanece sustancialmente constante a lo largo de todo su espesor, pero con pequeñas fluctuaciones en la densidad que puedan ser causadas, por ejemplo, por la compresión y/o el estiramiento en torno a regiones periféricas debido al montaje de los medios y similares. También se conocen disposiciones de medios de profundidad de gradiente de densidad en los que la densidad de los medios varía de acuerdo con un gradiente diseñado. Las diferentes regiones de diferente densidad de medios, porosidad, eficiencia y/u otras características se pueden proporcionar a lo largo de la profundidad y el volumen de los medios de profundidad.

Los medios de profundidad se caracterizan, a menudo, en términos de su porosidad, densidad y porcentaje de contenido de sólidos. Por ejemplo, medio de solidez del 5% significa que aproximadamente el 5% del volumen global comprende sólidos (p. ej., materiales fibrosos) y el resto es el espacio vacío que se llena de aire u otro fluido. Otra característica de los medios de profundidad comúnmente utilizados es el diámetro de la fibra. En general, las fibras de diámetros más pequeños para un % de solidez dada determinarán que los medios filtrantes se vuelvan más eficientes, con la capacidad de atrapar partículas más pequeñas. Más fibras más pequeñas pueden ser empaquetadas juntas sin aumentar el % de solidez en general, dado el hecho de que las fibras más pequeñas ocupan menos volumen que las fibras más grandes.

Debido a que los medios de profundidad se cargan con materiales en partículas sustancialmente por todo el volumen o profundidad, las disposiciones de los medios de profundidad se pueden cargar con un mayor peso y volumen de materiales en partículas en comparación con los sistemas cargados en la superficie a lo largo de la vida útil del filtro. Habitualmente, sin embargo, las disposiciones de medios de profundidad adolecen de desventajas de eficiencia. Para facilitar esta gran capacidad de carga, se elige a menudo una baja solidez de los medios para su uso. Esto da lugar a grandes tamaños de poros que tienen el potencial de permitir que algunos materiales en partículas pasen más fácilmente. Los sistemas de gradiente de densidad y/o la adición de una capa de medios de carga de superficie pueden proporcionar características mejoradas para la eficiencia. Por ejemplo, una capa de medios de carga de superficie se puede disponer en combinación tal como en el extremo de aguas abajo de un medio de profundidad (o entre las caras de aguas arriba y aguas abajo) para aumentar la eficiencia. A esta capa de medios de carga del material de superficie se la alude a veces como una capa de esmalte.

Por lo menos desde la década de 1980, se ha intentado que capas de fibras finas poliméricas sean empleadas en disposiciones de medios filtrantes con los intentos de la técnica anterior previstos medios de profundidad y medios de carga de superficie. Tales fibras finas se han descrito como producidas a través de la producción de fibras electrostáticas (comúnmente conocido como "electro-hilatura"). Por ejemplo, disposiciones de medios filtrantes de fibras finas se describen en las Patente de EE.UU. N^os. 4.650.506 expedida a Barris et al.; 5.672.399 expedida a Kahlbaugh et al.; y 6.743.273 expedida a Chung et al. Adicionalmente, mejoras descritas en esta memoria son aplicables a las aplicaciones de filtración descritas en estas patentes anteriores y, además, los materiales de fibras finas, incluidos polímeros, disolventes, otros agentes, aditivos, resinas y similares descritos en esta memoria (incluyendo cualesquiera supuestos materiales mejorados de fibras finas) puede ser utilizado en ciertas realizaciones de la presente invención están destinadas a ser cubiertos con ello.

Tal como se recoge en algunos de estos registros anteriores, fibras finas se pueden hacer de diferentes materiales poliméricos y disolventes. Ejemplos incluyen poli(cloruro de vinilo) (PVC), poliolefina, poliactal, poliéster, éter y éster de celulosa, poli(sulfuro de alquileo), poli(óxido de arileno), polisulfona, polímeros de polisulfona modificados y polietileno, polipropileno, poli(alcohol vinílico), diversos nilones (poliamidas tales como nilón 6, nilón 6,6 y otros nilones), PVDC, poliestireno, poliacrilonitrilo, PMMA, PVDF. También hay una amplia diversidad de disolventes disponibles que se pueden emplear. El disolvente elegido y utilizado depende del o de los polímeros deseados, dado que el disolvente debe ser adecuado para disolver suficientemente el polímero. Por ejemplo, el agua no se puede utilizar como disolvente para muchos polímeros, incluyendo nilón común (p. ej., tal como nilón 6 o nilón 6,6). En tales casos, se puede elegir otro disolvente tal como ácido fórmico para polímeros tales como nilón común. Disolventes para preparar una disolución polimérica para la electro-hilatura pueden incluir ácido acético, ácido fórmico, m-cresol, tri-fluoroetanol, disolventes clorados de hexafluoro-isopropanol, alcoholes, agua, etanol, isopropanol, acetona y N-metilpirrolidona, y metanol. El disolvente y el polímero se pueden combinar para su uso adecuado en base a una suficiente solubilidad del polímero en un disolvente dado.

MEDIOS DE SUSTRATO

Una característica importante de una realización es que las fibras finas necesitan ser transformadas en un medio filtrante para su uso como un elemento de filtro. Los materiales de fibras finas se forman sobre y se adhieren a un sustrato que es preferiblemente un sustrato de medio filtrante que tiene al menos algunas capacidades de filtración, aunque es posible un sustrato tal como un tejido de malla abierta u otra capa de no filtración. Muchos sustratos de medios filtrantes comprenden fibras de celulosa naturales al menos en parte o por completo. Existen muchas posibilidades para incluir sustratos de fibra natural y fibra sintética, para incluir tejidos hilados unidos, telas no tejidas de fibras sintéticas y materiales no tejidos, elaborados a partir de las mezclas de materiales de celulosa, fibras sintéticas y fibras de vidrio, materiales no tejidos y telas de vidrio tejidas, materiales de tipo tamiz de plástico tanto extrudidos como perforados, y diversas membranas poliméricas. Todos estos materiales se presentan, por lo general, en forma de lámina que pueden ser fácilmente adquiridos en forma de rollo. Láminas de sustrato con una capa de fibras finas se pueden transformar en una estructura de filtro que se coloca en una corriente de fluido que incluye una corriente de aire o corriente de líquido con el propósito de separar materiales en partículas en suspensión o arrastradas desde esa corriente.

ES 2 592 433 T3

Por ejemplo, materiales de los medios filtrantes porosos de los tipos enumerados anteriormente están generalmente disponibles comercialmente en diversos espesores (habitualmente en un intervalo entre 0,0152 a 0,05 cm (0,006 a 0,020 pulgadas) de espesor) de proveedores, incluyendo, entre otros, Ahlstrom Engine Filtration, LLC, de Madisonville, Ky. y Hollingsworth & Voss Company, East Walpole, MA. Fibras finas de acuerdo con realizaciones de la invención pueden aplicarse a dichos medios filtrantes porosos, en que los medios filtrantes sirven como material de sustrato para la capa de eficiencia de fibras finas. Por ejemplo, se puede utilizar productos comercializados por Ahlstrom, tales como los números de producto de Ahlstrom 19N-1 o 23N-3, AFI 23N-4 o AFI 23FW-4 u otros materiales de filtro que tienen características físicas similares a las tabuladas a continuación (estos son típicos para filtraciones de aire del motor):

- 5
- 10 Ahlstrom Medios Filtrantes 19N-1
fibras de celulosa 100%
Peso base = 70 libras por 3000 pies cuadrados (31,75 kg por 278,7 m²)
Calibre de lámina plana = 14,5 milésimas de pulgada (0,368 mm)
Calibre de lámina ranurada = 18 milésimas de pulgada (0,457 mm)
- 15 Frazier (CFM) 11-19, preferiblemente 14
Rigidez SD Gurley (mg) = 3000
- Ahlstrom Medios Filtrantes 23N-3
fibras de celulosa 100%
Peso base 55 libras por 3000 pies cuadrados (24,34 kg por 278,7 m²)
Calibre de lámina plana = 13 milésimas de pulgada (0,33 mm)
Lámina no ranurada
Frazier (CFM) 11-19
Rigidez SD Gurley (mg) = 1300
- 20
- Ahlstrom AFI 23N-4
Peso base 52-64 libras/3000 pies cuadrados (23,6 - 25 kg/278,7 m²)
Punto de Burbuja Primera Burbuja: 6,0 (min) IWG
Curado Mullen: 30 (min) PSI
Frazier 19-27 CFM
Calibre: 0,010-0,017 pulgadas (0,0254 – 0,043 mm)
- 25
- 30 Rigidez SD Gurley: 1000 (min) MG
- Ahlstrom AFI 23FW-4
Peso base 70-80 libras/3000 pies cuadrados (31,75-36,3 kg/278,7 m²)
Punto de Burbuja Primera Burbuja: 6 (min.) IWG
Curado Mullen: 20 (min) PSI
Frazier 16-24 CFM
Calibre: 0,010-0,017 pulgadas (0,0254 – 0,043 mm)
- 35
- 40 Rigidez SD Gurley: 1000 (min) MG

Algunos productos tales como el producto Ahlstrom 19N-1 está disponible con pequeñas ranuras en relieve en los medios para mejorar la capacidad de retención de la suciedad. Estas ranuras discurren a lo largo de la lámina y rollo de los medios filtrantes. Un ranurado mecánico de este tipo y otras configuraciones proporcionadas en la estructura de los medios filtrantes se pueden utilizar en relación con sistemas de producción de capas de fibras finas. Como tales, láminas acanaladas de ejemplos de sustratos de medios, aunque literalmente se consideran "planos" para los fines de esta memoria no tienen por qué ser perfectamente planos y dichas láminas pueden incluir surcos, ondulaciones, pliegues y similares formadas en las mismas antes de aplicación a las fibras finas.

- 45 Un medio filtrante de acuerdo con una realización, la presente invención incluye una primera capa de sustrato, típicamente medios fibrosos toscos permeables que pueden ser medios de profundidad o de carga de superficie. La capa de sustrato puede incluir una capacidad y eficiencia de filtración importante o puede tener poca o ninguna capacidad o eficiencia de filtración con relación a la aplicación de filtración diseñada. La capa de sustrato proporciona una superficie sobre la cual se puede soportar y asegurar una capa de medios de fibra fina.
- 50 Preferiblemente, la capa de sustrato por sí misma (es decir, sin la capa de fibras finas) tiene un diámetro medio de al menos 10 micras, típica y preferiblemente de aproximadamente 2 a aproximadamente 50 micras. También de manera preferida la capa de sustrato por sí misma tiene un peso base no mayor que aproximadamente 180 gramos/metro², preferiblemente de aproximadamente 5 a aproximadamente 140 g/metro². En cuanto a otras características típicas, preferiblemente la primera capa de los medios de sustrato fibroso toscos permeables es de al menos 0,01 mm (0,0004 pulgadas) de espesor, y típica y preferiblemente es de aproximadamente 0,127 a 1,27 mm
- 55

(0,005 a aproximadamente 0,05 pulgadas) de espesor; preferiblemente tiene una distribución del tamaño de poros generalmente entre aproximadamente 2 y aproximadamente 50 micras; y preferiblemente tiene una resistencia al estallido Mullen de entre aproximadamente 0,344 a 4,82 bares (5 a aproximadamente 70 psi).

- 5 En disposiciones de medios filtrantes preferidas, la capa de sustrato, típicamente de material fibroso tosco permeable, comprende un material que, si se evalúa por separado a partir de un resto de la construcción por el ensayo de permeabilidad de Frazier en calibre de agua 0,5 pulgadas, exhibiría una permeabilidad de al menos 0,5 cfm (por pie cuadrado de medios), y típicamente entre aproximadamente 5 y 2000 cfm (por pie cuadrado de medios).

FIBRAS FINAS Y CAPAS DE FIBRAS FINAS Y GENERACIÓN

- 10 Mientras que el equipo descrito en esta memoria puede utilizarse para generar fibras de diferentes tamaños, preferiblemente la capa de material de fibras finas fijada a la primera superficie de la capa de medios fibrosos toscos permeables es una capa de nanofibras tal como se ejemplifica en los ejemplos en esta memoria, en donde las fibras tienen una cantidad significativa de fibras con diámetros preferiblemente de menos de 100 nanómetros. Una "cantidad significativa" de fibras finas con diámetros de menos de 100 nanómetros dentro de este contexto significa
15 al menos uno de lo siguiente: (1) un diámetro medio de fibra de menos de 100 nanómetros; (2) un diámetro medio de fibra de menos de 100 nanómetros; y/o (3) al menos 25% de las fibras en la capa de fibras finas tiene un diámetro de menos de 100 nanómetros. Más preferiblemente, al menos 50% de las fibras en la capa de fibras finas tiene un diámetro de menos de 100 nanómetros y aún, incluso más preferiblemente, al menos 70% de las fibras en la capa de fibras finas tiene un diámetro de menos de 100 nanómetros de acuerdo con una realización descrita en esta memoria. De acuerdo con una realización, al menos 70% de las fibras tienen un diámetro de entre 50 y 100
20 nanómetros y típicamente entre 70% y 90% o más.

Se apreciará que es plausible utilizar y generar otros diámetros de fibra mayores que 100 nanómetros en combinación con una cantidad significativa de fibras finas de menos de 100 nanómetros.

- También es útil considerar las características de los medios de filtración de fibras finas que se pueden lograr a través de fibras más finas y/o a través de mejoras en la uniformidad de los equipos. Las ventajas de uniformidad de
25 cobertura y generación de fibras alcanzables con la realización de nuevos equipos de generación de fibras finas descritos en esta memoria se pueden utilizar para generar otros tamaños de fibra más grandes. Como resultado, las fibras finas en lugar de caracterizarse necesariamente por el tamaño se pueden caracterizar, además o en lugar de características de la capa de medios filtrantes, tal como resultará evidente a partir de los ejemplos proporcionados en esta memoria. Se han conseguido nuevas y mejoradas propiedades de la capa de filtración de fibras finas que
30 son superiores a un producto de filtración de fibras finas conocido. Por consiguiente, se reivindican características de un medio filtrante compuesto.

- Una característica mejorada es la eficiencia mejorada de acuerdo con una realización de la presente invención. Por ejemplo, se pueden utilizar una eficiencia estándar relativamente baja y, por lo tanto, un menor costo de los medios de sustrato al tiempo que se logra una alta eficiencia a través de la capa de fibras finas. Por ejemplo, y mientras que
35 podrían utilizarse otros sustratos más eficientes, un medio de sustrato puede comprender un medio filtrante de carga de superficie con una eficiencia de menos de 75% (p. ej., alrededor de 70%) para partículas de un tamaño de 0,75-1,00 micras (un tamaño de partícula relativamente moderado); y/o una eficiencia de menos de 40% (p. ej., alrededor de 30%) para partículas de tamaño de 0,237-0,316 micras (un tamaño de partícula relativamente fino). Así, el sustrato no es muy eficiente para partículas relativamente finas. De acuerdo con una realización de la presente
40 invención, la combinación de la capa de sustrato y la capa de fibras, aparte de otras capas, en su caso, puede tener una eficiencia de al menos 90% para partículas de un tamaño de 0,75-1,00 micras; una eficiencia de al menos 80% (y más preferiblemente más de 85%) para partículas de un tamaño de 0,237-0,316 micras. Esto se puede lograr sin un sacrificio sustancial de la caída de presión.

- Otra propiedad mejorada de acuerdo con una realización de la presente invención puede ser la distribución del tamaño de poros y más particularmente el control más estrecho de la distribución del tamaño de poros en lugar de
45 una distribución aleatoria o menos controlada según un ejemplo de la técnica anterior. De acuerdo con una realización de la presente invención, la combinación de la capa de sustrato y la capa de fibras, aparte de otras capas, en su caso, tienen al menos un 50% (y más preferiblemente al menos un 60%) de la distribución del tamaño de poros en un intervalo de separación de 6 micras; al menos 40% (y más preferiblemente al menos 25%) de la
50 distribución del tamaño de poros en un intervalo de separación de 4 micrómetros; y/o al menos 25% de la distribución del tamaño de poros en un intervalo de separación de 2 micras. Un ejemplo que ilustra esta característica es el ejemplo 4 (véase también el histograma del tamaño de poros - FIG. 15).

Los niveles de cobertura de la capa de fibras finas tienen cierta importancia. Por ejemplo, el exceso de cobertura creará una capa tipo película que puede restringir sustancialmente el flujo y aumentar de forma no deseable la caída de presión. Una manera de probar es mediante la comparación de las caídas de presión de los medios revestidos y no revestidos para evitar sacrificar innecesariamente demasiada eficiencia. Preferiblemente, la diferencia de la caída de presión entre la fibra fina y la combinación de sustrato con relación al sustrato por sí solo es típicamente de menos de 15%, más preferiblemente de menos de 10%, incluso más preferiblemente de menos de 5%, y de acuerdo con ciertos ejemplos, una caída de presión puede ser de menos de 1%. Otra forma de determinar los niveles de cobertura es el peso base. Preferentemente, la capa de fibras finas por sí misma tiene un peso base preferiblemente de aproximadamente 0,01 a aproximadamente 1,0 g/metro² y más preferiblemente entre aproximadamente 0,01 y aproximadamente 0,10 g/metro².

Las fibras más finas de la presente invención tienen ventajas significativas en lo que respecta a lo que se considera "flujo de deslizamiento" de acuerdo con el número/fórmula de Knudsen (medida de la rarefacción del flujo). Específicamente, el impedimento de que una fibra se coloque en una corriente de fluido está directamente relacionado con la superficie específica ocupada por la fibra. Esto es importante en relación con el control de la caída de presión y la reducción al mínimo de la restricción de filtración en una corriente de fluido. Más superficie específica resulta típicamente en una mayor caída de presión a través de la capa, que en el caso de la filtración no es deseable, ya que restringe un flujo de fluido que está previsto. Para las fibras de medios filtrantes de mayor tamaño, la velocidad del aire puede ser sustancialmente cero en el centro de la superficie de la fibra. Para las fibras de los medios filtrantes mucho más pequeñas, puede producirse un "flujo de deslizamiento" en el que la velocidad del aire es significativamente mayor que cero en la superficie de la fibra. Como resultado, se permite que aún más fluido fluya pase a través de fibras incluso más pequeñas, debido al efecto del flujo de deslizamiento. Además, fibras incluso más finas pueden ocupar un área con menor diámetro de la fibra, disminuyendo el tamaño de poro de los medios, pero al mismo tiempo no ocupando la misma superficie global y, por lo tanto, no provocando incrementos significativos en la caída de presión. Mediante la utilización de fibras más finas, incluyendo una cantidad significativa de fibras finas de menos de 100 nanómetros de acuerdo con ciertas realizaciones, se pueden alcanzar ventajas sustanciales en nuevas propiedades de filtración, sin sacrificar sustancialmente la caída de presión ni aumentar excesivamente la restricción a través del medio filtrante.

Existen varios parámetros que se cree que han contribuido en las fibras finas únicas y la capa de filtración de fibras finas de acuerdo con realizaciones de la presente invención. Se apreciará que ciertos parámetros de funcionamiento pueden ser menos críticos, mientras que otros parámetros serán más críticos. Muchos de los factores están interrelacionados con efectos sinérgicos entre los mismos. Como tales, ciertos parámetros pueden ser cambiados sin apartarse de la presente invención tal como se describe en las reivindicaciones adjuntas a la misma. La metodología en esta memoria se explica en cuanto a la forma de abordar y ajustar los parámetros a fin de obtener una producción de fibra finas deseada y/o características de los medios de filtración.

(a) Configuración y Disposición de los Electrodo del Equipo (distribución controlada de fibras finas)

Un factor importante es el equipo de producción para la generación de suficientes fibras finas para los medios de filtración, generando al mismo tiempo fibras finas lo suficientemente pequeñas. Diversas características del equipo deseables se describen en esta memoria, así como diversos equipos que incorporan estas características en mayor o menor grado. Si bien las patentes anteriores de filtración de fibras finas han hecho hincapié en los sistemas emisores de bomba presurizada (p. ej., la Patente de EE.UU. N° 6.743.273 expedida a Chung et al.), en donde disolvente polimérico presurizado se pulveriza/fuerza a través de un agujero pequeño emisor, es posible una generación de fibras finas más fácil, mejor y/o más controlada, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención. Mientras que las fibras se pueden realizar con sistemas forzados en los que la disolución polimérica se fuerza a través de un pequeño orificio, la generación de fibras finas de acuerdo con una realización preferida de la presente invención emplea un electrodo que se humedece periódicamente y más preferentemente se sumerge en una disolución polimérica para regenerar periódicamente un delgado revestimiento de disolución polimérica sobre el electrodo. Una disposición de inmersión de electrodos de electro-hilatura más preferida se muestra en las FIGs. 1-8 y está de acuerdo con la descripción del equipo de generación de fibras finas en esta memoria.

Otros equipos de inmersión que se han encontrado particularmente beneficiosos para la producción comercial de los medios de filtración de acuerdo con realizaciones en esta memoria incluyen una máquina de El-Marco NANOSPIDER modelo NS-8A 1450, disponible de El-Marco, s.r.o., Liberec, República Checa. Las realizaciones de la invención pueden implicar estos otros equipos. Ejemplos de otros equipos de inmersión de electrodos de generación de fibras finas utilizables potencialmente que pueden estar disponibles de El-Marco, s.r.o. se describen también en las publicaciones de patente WO 2006/131081 y US 2006/0290031.

Es posible que haya un beneficio de control de fibras finas en la producción de fibras finas que resulta de la inmersión periódica del electrodo. Específicamente, a medida que el disolvente se evapora en el electrodo (la evaporación del disolvente es deseable para reducir el diámetro de la fibra tal como se explica en esta memoria), el polímero se deja atrás. Una acumulación de polímero de este tipo puede atascar potencialmente la maquinaria de producción y, potencialmente, puede cambiar de otro modo la producción de fibras finas, haciendo la producción de fibras finas menos uniforme (por lo tanto, una porosidad o eficiencia desigual), cambiando el diámetro o la característica de la fibra generada y en otras formas potencialmente no deseados (p. ej., utilizando orificios más grandes de la boquilla pueden traducirse en teoría en tamaños más grandes de fibra). Sumergiendo el electrodo en la disolución se evita la acumulación de polímero sobre el electrodo. Dado que un polímero está a punto de precipitar o de formarse en el electrodo, la inmersión del electrodo disuelve de nuevo la película rica en polímero, por lo que se puede disolver fácilmente o reconstituir antes de formar una acumulación de película de polímero endurecida o precipitada. También se puede lograr la eliminación o reducción sustancial de ciclos de limpieza periódicos de electrodos para separar la acumulación no deseada de polímero. Además, la inmersión del electrodo evita la posibilidad de diferenciales de presión en sistemas de disolución polimérica forzada, dificultades que podrían ser objeto de otras dificultades asociadas con la acumulación de polímero en o alrededor de boquillas de orificios pequeños.

Adicionalmente, de preferencia la lámina de sustrato discurre verticalmente por encima del electrodo periódicamente humedecido y sumergido. Como resultado, el revestimiento polimérico delgado y la película tiende a ser más delgada en virtud de la fuerza de gravedad próxima a la zona superior del electrodo en donde se produce la descarga electrostática, provocando la formación de ubicaciones de hilatura de hebras de fibras finas (también conocidas o a las que se alude como "conos de Taylor" o "hileras"). El mantenimiento de una zona de película polimérica más fina en donde se forman inicialmente fibras finas podría disminuir el tamaño global de las fibras finas, dado que el hilo se extrae de una agrupación más pequeña y en contra de la gravedad, pero bajo la fuerza opuesta de succión del ventilador a través de agujeros en el electrodo colector.

Puede haber varios beneficios con la nueva generación de hilatura de cuentas de las realizaciones de máquinas de generación de fibras finas con respecto a otras realizaciones, relacionados principalmente con la cantidad o el volumen de fibras finas que se generan. Por ejemplo, el nuevo equipo de generación de hilatura de cuentas de la realización mostrada en las FIGs. 1-8 puede controlar y mantener una uniformidad sustancial a lo largo de la localización de ubicaciones de hilatura a través de toda la anchura de la lámina de medios filtrantes de acuerdo con una metodología preferida. Separando los lugares de hilatura según una disposición predeterminada, en lugar de al azar, se puede lograr una separación predeterminada de las ubicaciones de hilatura de fibras finas. Se cree que esto resulta en un mejor control sobre la eficiencia, tamaños de los poros y la distribución de tamaño de poros. Si las zonas de sustrato del medio filtrante están sujetas a una menor cobertura de fibras finas que otras secciones, típicamente se sospecha que tales zonas estarán sujetas a diferentes características de filtración. Por ejemplo, la realización de las FIGs. 1-8 contempla el mantenimiento de una disposición predeterminada y equidistante de las ubicaciones de hilatura. Dado que los electrodos de tipo cadena de cuentas en esta realización son accionados transversalmente con relación a los medios, las cadenas accionadas en direcciones opuestas contrarrestan la pérdida potencial de gradiente de disolución polimérica a lo largo del tiempo como segmentos individuales y las ubicaciones de hilatura se mueven a través del sustrato del medio filtrante.

Además, al mantener una cadena de electrodo a una distancia constante con respecto al electrodo y medios de recogida, la distancia de la hilatura diana y el potencial de tensión no cambia como es el caso de electrodos de tipo tambor rotados (p. ej., véanse los electrodos de tambor rotatorio en las patentes antes mencionadas asignado a El Marco). El mantenimiento de la distancia diana en oposición a una distancia variable facilita un mayor control sobre el tiempo de batido de las fibras finas y, por lo tanto, tiempo de evaporación del disolvente y el tiempo de reducción de las fibras finas se mantiene más constante.

Por consiguiente, la selección y/o el desarrollo de equipos de generación de fibras finas adecuados pueden ser ventajosos en las características de la capa de fibras finas.

(b) Potencial Electrostático de Hilatura y Separación del Electrodo/Medios

Otro factor en relación con la generación de una cantidad sustancial de fibras finas es el potencial del campo electrostático. Por ejemplo, una máquina NANOSPIDER modelo NS-8A 1450 disponible en el mercado, disponible de El-Marco, s.r.o., Liberec, República Checa, tiene un potencial del campo electrostático estándar proporcionada por una fuente de alimentación de 60.000 voltios. En relación con la máquina NANOSPIDER modelo NS-8A 1450 de El-Marco disponible comercialmente, las modificaciones de este equipo se lograron al proporcionar una fuente de alimentación adicional generadora de tensión, de modo que se puede conseguir un campo electrostático mayor que 60.000 voltios y, con ello, se puede aumentar la producción de fibras finas. Se ha encontrado que el potencial de

tensión no afecta en gran medida al tamaño de la fibra, pero sí que tiene un efecto significativo sobre la cantidad de fibras generadas.

5 Por ejemplo, para la generación de fibras de nilón a partir de una disolución basada en disolvente de ácido fórmico y acético a un sustrato de medios filtrantes de celulosa, preferiblemente se proporcionan al menos 75.000 u 80.000 voltios para la electro-hilatura y aún más preferiblemente al menos 95.000 voltios. De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, un potencial de campo eléctrico puede ajustarse entre 75.000 - 130.000 voltios, o potencialmente aún mayor. Sin embargo, volúmenes de producción de fibras finas inferiores se pueden generar en una menor tensión potencial y/o pueden utilizarse más células de modo que, habitualmente, la tensión no se considera crítica.

10 Se pueden utilizar fuentes de alimentación, incluyendo fuentes de alimentación tanto positivas como negativas para generar el diferencial de campo electrostático. Típicamente, el electrodo colector está sujeto a un potencial a tierra, mientras que el electrodo de hilatura está sujeto a una fuente de alimentación generadora de tensión. Sin embargo, una fuente de alimentación cargada opuesta puede ser conectada asimismo al electrodo de recogida, de modo que el potencial de tensión de cualquiera de los electrodos con respecto a tierra puede no necesitar ser tan alto. También es posible elevar ambos electrodos con respecto a tierra con una misma carga, pero diferencial entre los mismos.

15 Por lo tanto, es más útil evaluar un sistema desde una perspectiva del diferencial de la tensión entre el electrodo colector y el electrodo de hilatura de descarga.

20 La generación de fibras finas debería producirse generalmente a lo largo de una distancia suficiente para permitir la evaporación y el batido de los cordones de fibras finas en conos de Taylor desde ubicaciones de hilatura individuales. Preferiblemente, el sustrato del medio filtrante está separado del electrodo de electro-hilatura por lo general por lo menos 7,62 cm (3 pulgadas) y, por lo general, no más de aproximadamente 25,4 cm (10 pulgadas), típicamente entre 10,16-17,8 cm (4-7 pulgadas). Por ejemplo, para una disolución polimérica de nilón 6, la distancia a la diana es preferiblemente de entre aproximadamente 12,7 y 15,24 cm (5 y aproximadamente 6 pulgadas) para una buena generación de fibras finas con diámetros de fibra muy pequeños. Preferiblemente, los medios filtrantes

25 discurren en contacto con el electrodo de recogida, de tal manera que la distancia al objetivo es efectivamente o, en general, la misma para el electrodo de recogida o los medios (que son típicamente bastante delgados con relación a la distancia diana) con respecto al electrodo de hilatura.

Esta distancia puede mantenerse constante de acuerdo con ciertas formas de realización, tales como las mostradas en la realizaciones de equipos de generación de fibras finas en esta memoria, en donde la distancia diana se mantiene constante a medida que cada uno de los segmentos de electrodo se trasladan sobre los medios (p. ej., es preferible no rotar sistemáticamente más cerca y más lejos de la diana). Adicionalmente, la distancia diana también implica la construcción del electrodo de recogida. Por ejemplo, tal como se ilustra en las FIGs. 1 y 7, un electrodo de recogida puede ser una placa perforada sustancialmente maciza con una gran superficie específica con muchos orificios pequeños en la misma para facilitar la succión y la separación de disolvente evaporado. La gran superficie

30 específica es útil para mantener la distancia diana (p. ej., evita grandes saltos entre partes de la superficie en el electrodo de recogida).

(c) Selección del Polímero

Las aplicaciones de filtración implican, a menudo, humedad y calor (y/o entornos fríos). Por ejemplo, aplicaciones de filtro de aire para motores de combustión de vehículos no sólo pueden funcionar en entornos calurosos o fríos, sino que también están sujetos al calor generado por el motor y otras condiciones tales como alta humedad, rocío, lluvia, nieve o aguanieve, de manera que la humedad puede ser fácilmente retirada en el filtro junto con la corriente de aire. Elementos de filtro líquidos también deben ser compatibles y no disolverse en el líquido que esté siendo filtrado. Además, la producción comercial en masa económica de los medios filtrantes con una calidad constante es también una consideración.

45 Realizaciones preferidas de la presente invención para muchas aplicaciones de filtración incluyen polímeros que, naturalmente, no se disuelven en agua o cuando se someten a la humedad y son resistentes a oscilaciones de temperatura sustanciales, incluyendo temperaturas de hasta 100°C o más. Bajo tales condiciones ambientales durante períodos prolongados tal como se experimentaría en aplicaciones de filtración de este tipo, las fibras finas compuestas de tales polímeros deberían retener la totalidad o al menos una parte sustancial de sus características de filtración.

50

Por ejemplo, ciertas realizaciones de la presente invención incluyen material de nilón que satisface estas cualidades, incluyendo, pero no limitado a Nilón 6 y Nilón 6,6. Por ejemplo el material de nilón 6 también se ha hilado en fibras

finas, incluyendo una cantidad significativa de fibras finas de menos de 100 nanómetros de acuerdo con realizaciones y ejemplos que se recogen en esta memoria. Sin embargo, también se contemplan otros materiales poliméricos tal como se expuso anteriormente.

(d) Selección de Disolvente y Gestión de Disoluciones Poliméricas

5 En general, por una parte, se desea una mayor proporción de disolvente con respecto al polímero, pero no tan elevada como para evitar o inhibir la formación de fibras finas de la hilera. Una proporción de disolución demasiado alta puede provocar una pulverización catódica de disolvente polimérico en lugar de la formación de hilo. Sin embargo, cuanto mayor sea la proporción de disolvente, generalmente se experimenta un producto de fibras finas polimérico más delgado. Con un mayor contenido de disolvente, mayor cantidad de la hilera de hilo se evapora a medida que se electro-hila del electrodo de hilatura al material de sustrato. Como tal, un factor a ser controlado es la proporción de disolvente.

La selección del disolvente es también un factor y depende en parte del polímero seleccionado. Mientras que puede utilizarse un único disolvente, preferiblemente se emplea una combinación de disolventes para la conductividad y el control de la tensión superficial para incluir al menos un agente de disolución polimérico que es adecuado para disolver el o los polímeros de elección y un agente de control de la conductividad que ajusta la conductividad y la tensión superficial de la disolución polimérica para controlar la formación de fibras y generar fibras más finas de acuerdo con una realización. El agente de control de la conductividad y la tensión superficial puede incluir sales, ácidos y otros agentes que afectan a la conductividad. De acuerdo con una realización, el agente de control de la conductividad incluye un agente de la conductividad y la reducción de la tensión superficial (un agente que reduce la tensión superficial y disminuye la conductividad). Se ha encontrado que una menor tensión superficial y conductividad son utilizables para la formación de fibras significativamente más delgadas de acuerdo con realizaciones en esta memoria. Específicamente, se cree que una mayor conductividad y/o tensión superficial provocan que los hilos de las fibras finas salten más rápidamente del electrodo de hilatura hacia los medios y el electrodo de recogida. Como resultado, teóricamente se consumirá menos tiempo en el batido en un estado de cono de Taylor de electro-hilatura, lo cual reduce la acción mecánica para la reducción del tamaño de la fibra.

Para poliamidas tales como la realización y el ejemplo de nilón 6, un disolvente adecuado incluye ácido fórmico como un agente disolvente y ácido acético principalmente como un agente de control de la conductividad y un agente de tensión superficial. Mientras que el ácido acético se enumera como un disolvente potencial de poliamida, esto no es realmente correcto, ya que el nilón no se romperá a temperatura ambiente, sino que en su lugar se requiere calor y el nilón tenderá a precipitar de nuevo de la disolución si se empleara. Como tal, una combinación de disolventes es un aspecto importante de acuerdo con algunas de las realizaciones de la invención. En este ejemplo, habitualmente es deseable más ácido acético con relación al ácido fórmico (p. ej., ácido acético mayor que 50% y ácido fórmico inferior a 50%). Por ejemplo, se ha encontrado que un disolvente que tiene aproximadamente 2/3 de ácido acético y aproximadamente 1/3 de ácido fórmico crea fibras finas deseablemente delgadas de menos de 100 nanómetros con una excelente generación de fibra (este ejemplo es a niveles de concentración de: 88% de ácido fórmico, es decir, p. ej., 88% de ácido fórmico y 12% de agua, y 99,9% de ácido acético, también conocido como ácido acético glaciar). En particular, se demostró una importante reducción en el tamaño de fibras finas de nilón 6, cuando se hizo un movimiento de disolvente de ácido fórmico puro a una combinación de ácido acético y fórmico. Una disolución de 8-20% de polímero con relación al disolvente (es decir, 92%-80% de disolvente) es un ejemplo de un intervalo utilizable para la buena formación de fibras. Más preferiblemente una disolución de aproximadamente una disolución de polímero 12% genera una buena formación de fibras y fibras deseablemente delgadas.

(e) Entorno Controlado

Sin embargo, otro factor involucrado es la humedad relativa y la temperatura. Aunque se pueden utilizar otras temperaturas, preferiblemente, la temperatura se correlaciona con intervalos típicos de temperatura de fábrica por motivos de producción industrial y razones de comodidad de los trabajadores. Por ejemplo, temperaturas a modo de ejemplo pueden ser de entre 15,56 y 26,7°C (60°F y 80°F), siendo 22,2°C (72°F) típicos como temperatura ambiente.

De mayor importancia es la humedad relativa, ya que este factor afecta a la evaporación y a la tasa de evaporación completa de disolvente. Si la humedad es demasiado alta, entonces no se evapora suficiente disolvente, dando como resultado fibras más gruesas. Alternativamente, si la humedad es demasiado baja, entonces el disolvente se evapora demasiado rápido. Si el disolvente se evapora demasiado rápido, no se les permite que las fibras adelgacen lo suficientemente, lo cual se cree que es debido a la fuerza mecánica a través de la acción de batido, que indeseablemente da como resultado fibras más gruesas (p. ej., las fibras poliméricas precipitan demasiado rápidamente para proporcionar una reducción de la fibra a través de la acción de batido mecánico). Como tal, el

control de la humedad del entorno es importante. Una humedad relativa de entre aproximadamente 40% y aproximadamente 55% es un intervalo utilizable, por ejemplo. En relación con una realización con nilón 6, una humedad relativa de alrededor de 44% (p. ej., preferiblemente entre 42-46%) da como resultado una formación de fibras buenas y muy finas.

5 (f) Adhesión al Sustrato

Adicionalmente, para aplicaciones de filtración, es deseable la adherencia de las fibras al sustrato de medios filtrantes. Como resultado, y en el caso de sustratos a base de celulosa común, es deseable depositar las fibras finas en el sustrato del medio filtrante, quedando un poco de disolvente para la evaporación para efectuar la unión de tipo disolvente y/o una mejor integración de la capa de fibras finas con el sustrato. La adherencia debe ser suficiente para evitar la liberación de la capa de fibras simplemente pasando un dedo sobre los medios y/o debido a una abrasión o una manipulación normal de los medios. La adherencia es preferiblemente al menos suficiente para prevenir una fuerza de peladura manualmente aplicada de acuerdo con la descripción y las enseñanzas de la Publicación de Patente de EE.UU. N° 2007/0163217 titulada "Cellulosic/Polyamide Composite" expedida a Frey et al.

Aunque existen propuestas para utilizar sistemas de unión/retención de fibras finas separadas (p. ej., Patente de EE.UU. 4.650.506 expedida a Barris et al), preferiblemente se proporciona la unión de tipo disolvente entre las fibras finas y el sustrato de medios filtrantes, con lo que suficiente disolvente restante en las fibras recién formadas entra en contacto con el sustrato de medios filtrantes cuando se deposita sobre el mismo. En relación con ejemplos de nilón con ácido fórmico, se puede producir una excelente unión con disolvente, por ejemplo, con sustrato de medio a base de celulosa según la publicación de patente '217. Sin embargo, también se pueden emplear adhesivos, capas de cubrimiento y técnicas de atrapamiento (p. ej., entre las capas).

METODOLOGÍAS DE ENSAYO

Antes de pasar a los ejemplos que figuran más adelante, se prestará un poco de atención a metodologías de ensayo que pueden ser útiles para la evaluación de los parámetros de fibras finas y medios filtrantes.

Las eficiencias tal como se exponen en esta memoria se pueden medir utilizando la metodología de ensayo de eficiencia fraccional, en general según la norma ASHRAE 52.2 y más particularmente la metodología y el equipo explican a continuación.

Para los resultados de los ensayos recogidos en esta memoria, la metodología de eficiencia fraccional utilizó polvo de ensayo "ISO Fine", que está disponible de Powder Technology, Inc. de Burnsville, Minnesota (Parte No. ISO1212103-1). Este polvo incluye tamaños de partículas graduados de manera que una sola operación de ensayo puede medir las eficacias de captura de partículas para diferentes tamaños de partículas. Por ejemplo, la concentración del tamaño de partícula y la distribución se muestran en el gráfico de la FIG. 17. Muestras de ensayo de medios (un disco circular de los medios de 100 centímetros cuadrados tal como se utiliza convencionalmente en la máquina que figura más adelante) fueron sometidas al polvo ISO FINE en un aparato PALAS MFP2000 (disponible de Palas® GMBH, Karlsruhe, Alemania), a 120 l/m en una concentración de polvo fino de 70 mg/m³. El aparato PALAS MFP2000 tenía una unidad de descarga en corona (CD 2000) para neutralizar cualquier carga en el polvo fino para evitar falsas lecturas de carga electrostática. Lecturas de caída de presión se proporcionan de forma contemporánea por parte de este equipo de ensayo a través de transductores de presión incorporados en el equipo que proporcionan la información de caída de presión al mismo tiempo, es decir, bajo los mismos parámetros de funcionamiento, de manera que las mediciones de la caída de presión y las comparaciones se pueden basar en el mismo parámetro común del caudal.

Los datos de distribución del tamaño de los poros pueden medirse utilizando un ensayo de distribución del tamaño de los poros de acuerdo con la norma ASTM -F316. Para los ensayos realizados en esta memoria, la distribución del tamaño de los poros se llevó a cabo mediante la siguiente metodología y equipo: un Porómetro de Flujo Capilar de la marca PMI (Porous Materials, Inc., de Ithaca, Nueva York) - modelo n°. CFP-1100AX-U-08182005-1446.

El "diámetro" de fibra fina en el contexto de la presente descripción y reivindicaciones significa y se refiere a la anchura o el grosor de las fibras tal como se observan y/o se miden mediante medición con un microscopio electrónico de barrido (SEM) de porciones de fibras individuales tal como se ha hecho y como puede verse gráficamente en las FIGs. 18-19. En general, las mediciones son típicamente tomadas en una zona intermedia de la parte de la fibra que se extiende entre las fibras o partes de fibra transversales (véase, p. ej., las figuras de la imagen SEM – FIGs. 18-19.). Las mediciones generalmente no se toman en zonas en donde las hebras de fibras pueden discurrir juntas, encontrarse o superponerse. El "diámetro" en este contexto y en las reivindicaciones no

significa ni requiere que las fibras sean perfectamente redondas, aunque algunas o todas las fibras pueden ser circulares. Considerando el pequeño tamaño de las fibras y las limitaciones de la tecnología, es actualmente desconocida la verdadera forma de sección transversal de las fibras finas. Se supone que las fibras tienen una sección transversal generalmente circular.

5 EJEMPLOS DE ENSAYO Y/O DE PRODUCCIÓN

En los ejemplos de ensayo siguientes, los dos primeros ejemplos son muestras de control de un producto de un medio filtrante disponible comercialmente, obtenidas antes de la fecha de presentación que está disponible en Donaldson Company, Inc., Minneapolis, Minn. Tales muestras de control son para fines comparativos. Se cree que los medios pueden hacerse de acuerdo con la metodología recogida en una o más solicitudes de patente en el campo de las fibras finas que son asignadas a Donaldson tales como la patente de EE.UU. N° 6.743.273 expedida a Chung et al. (o una patente relacionada similar en la misma familia). Sobre la base de la tendencia a la solubilidad aparente en agua y/o alcohol isopropílico, las fibras finas parecen o se cree que son un derivado de poli(alcohol vinílico).

El Ejemplo 3 es un ejemplo de sustrato de medio filtrante disponible comercialmente utilizado para los Ejemplos 4 y 5. Ejemplo 4 se realizó de acuerdo con una realización de cadena sin fin de cuentas tal como se describe anteriormente en relación con las FIGs. 1-8, mientras que el Ejemplo 5 se refiere a las observaciones de una realización de un material compuesto de medios filtrantes hecho con la máquina de El-Marco NANOSPIDER modelo NS-8A 1450, disponible de El-Marco, s.r.o., Liberec, República Checa.

Ejemplo 1

Los ensayos se realizaron en un producto de material compuesto de medios filtrantes disponible comercialmente de Donaldson Company, Inc., Minneapolis, Minn. Considerando que los medios estaban contenidos en un cartucho, muestras de medios filtrantes se retiraron cuidadosamente de un cartucho para el ensayo. Las observaciones demostraron que el material compuesto de medios filtrantes incluía un material de sustrato de medio filtrante más tosco y una capa de fibras finas depositada sobre el mismo. Tal como se muestra en la imagen de microscopio de electrones de barrido de la FIG. 18, se observó que el diámetro de fibra de las fibras finas en la capa de fibras finas era típicamente mayor que 100 nanómetros y no había una cantidad significativa de fibras finas con diámetros de menos de 100 nanómetros.

Los medios de material compuesto incluían un peso base de 32,22 kg/278,7 m² (71,03 lb/3000 ft²), una permeabilidad Frazier de 13,5 (CFM a 0.5 "WG); y un espesor de calibre de 0,0076 mm (0,3 milésimas de pulgada). Los resultados del ensayo indicaron que los medios filtrantes podrían calificarse como MERV 14 (basado en los datos de eficiencia fraccional), con una caída de presión inicial de 362,87 Pa.

Los datos del ensayo del tamaño de los poros y de eficiencia fraccional para el Ejemplo 1 fueron como sigue y/o como se muestra en las FIGs. 11 y 13.

Tabla 2 - Tamaño de los poros (µm)

Número de ensayo	1	2	3	Media	ET
Máx	26,3	34,9	27,6	29,587	4,62
Medio	9,1	9,2	8,9	9,08	0,17
Más pequeño	2,58	2,32	2,22	2,3733	0,19

35

Tabla 3 - Flujo de Filtro Acumulado, Tamaño de los Poros (µm)

Número de Ensayo	1	2	3	Media
10% de Flujo	15,89	17,8	16,7	16,8
25% de Flujo	12,06	13,5	12,7	12,8

ES 2 592 433 T3

Número de Ensayo	1	2	3	Media
75% de Flujo	6,38	6,4	6,3	6,3
90% de Flujo	4,53	4,7	4,6	4,6

Tabla 4 - Resultados de Eficiencia Fraccional

Intervalo (μm)	E (%)	OTROS DATOS	
0,237 – 0,316	66,66		
0,316 – 0,422	67,51		
0,422 – 0,562	73,80	Concentración de Polvo Fino	
0,562 – 0,750	80,70	70	mg/m^3
0,750 – 1,000	88,43		
1,000 – 1,334	92,66	Caudal	
1,334 – 1,778	95,65	120	L/min
1,778 – 2,371	96,87		
2,371 – 3,162	98,61	Polvo Fino de Ensayot	
3,162 – 4,217	99,49	ISO Fine	
4,217 – 5,623	99,51		
5,623 – 7,499	99,23	Caída de la Presión Inicial	
7,499 – 10,000	99,00	362,87	Pa

Ejemplo 2

- 5 Los ensayos se realizaron en los medios filtrantes del sustrato del ejemplo 1, a los efectos de tratar de evaluar mejor las características de filtración de la capa de fibras finas. Específicamente, muestras del producto de material compuesto de medios filtrantes disponible comercialmente de Donaldson Company, Inc., Minneapolis, Minn., se empaparon primero en alcohol isopropílico para disolver y, con ello, separar la capa de fibras finas. Las fibras finas parecían disolverse completamente en alcohol isopropílico, lo cual es la razón por la que se eligió el alcohol isopropílico como el disolvente. Las muestras se dejaron secar para evaporar el disolvente de isopropilo y luego se ensayaron las muestras.
- 10

15 Los medios de sustrato incluían un peso base de 32,33 kg/278,7 m² (71,27 lb/3000 ft²), una permeabilidad Frazier de 15,3 (CFM a 0.5 "WG); y un espesor de calibre de 0,0076 mm (0,3 milésimas de pulgada). Los resultados del ensayo indicaron que los medios filtrantes podrían calificarse como MERV 13 (basado en los datos de eficiencia fraccional), con una caída de presión inicial de 378,13 Pa.

Los datos del ensayo del tamaño de los poros y de eficiencia fraccional para el Ejemplo 2 fueron como sigue y/o como se muestra en las FIGs. 12 y 13.

Tabla 5 - Tamaño de los poros (μm)

Número de Ensayo	1	2	3	Media	ET
Máx	27,4	28,4	28,8	28,183	0,73
Medio	9,0	9,3	9,6	9,27	0,30
Más Pequeño	2,73	2,23	1,90	2,2867	0,42

ES 2 592 433 T3

Tabla 6 - Flujo de Filtro Acumulado, Tamaño de los Poros (μm)

Número de Ensayo	1	2	3	Media
10% de Flujo	16,93	17,3	17,8	17,4
25% de Flujo	13,11	13,4	13,8	13,4
75% de Flujo	5,87	6,1	6,0	6,0
90% de Flujo	4,09	4,4	3,9	4,1

Tabla 7 - Resultados de Eficiencia Fraccional

Intervalo (μm)	E (%)	OTROS DATOS	
0,237 – 0,316	48,07		
0,316 – 0,422	52,36		
0,422 – 0,562	61,90	Concentración de Polvo Fino	
0,562 – 0,750	71,44	70	mg/m^3
0,750 – 1,000	82,20		
1,000 – 1,334	90,32	Caudal	
1,334 – 1,778	93,96	120	L/min
1,778 – 2,371	96,30		
2,371 – 3,162	97,83	Polvo Fino de Ensayo	
3,162 - 4.217	98,21	ISO Fine	
4,271 - 5.623	97,99		
5,623 - 7.499	96,02	Caída de la Presión Inicial	
7,499 – 10,000	95,00	378,13	Pa

5 **Ejemplo 3**

Los ensayos se realizaron en un medio filtrante de sustrato de material de fibra de celulosa, de calidad relativamente baja, no recubierto, que se utilizó como el material de sustrato para el material compuesto de medios filtrantes de fibras finas del Ejemplo 4. El medio filtrante sustrato se adquirió de Ahlstrom bajo la designación de marca/modelo AFI-23N-4. Por lo tanto, no era necesario preparar la muestra a través de un empapamiento con alcohol isopropílico tal como se hizo para el Ejemplo 2.

Los medios de sustrato incluían un peso base de $27,1 \text{ kg}/278,7 \text{ m}^2$ ($59,8 \text{ lb}/3000 \text{ ft}^2$), una permeabilidad Frazier de 23,4 (CFM a 0.5 "WG); y un espesor de calibre de 0,01 mm (0,4 milésimas de pulgada). Los resultados del ensayo indicaron que los medios filtrantes podrían calificarse como MERV 12 (basado en los datos de eficiencia fraccional), con una caída de presión inicial de 242,63 Pa.

15 Los datos del ensayo del tamaño de los poros y de eficiencia fraccional para el Ejemplo 3 fueron como sigue y/o como se muestra en las FIGs. 14 y 16.

Tabla 8 – Tamaño de los Poros (μm) Número de Ensayo	1	2	3	Media	ET
Máx	40,6	39,2	42,6	40,81	1,68
Media	12,0	12,2	12,0	12,073	0,13

ES 2 592 433 T3

Tabla 8 – Tamaño de los Poros (μm) Número de Ensayo	1	2	3	Media	ET
Más pequeño	2,52	2,47	2,38	2,4567	0,07

Tabla 9 - Flujo de Filtro Acumulado, Tamaño de los Poros (μm)

Número de Ensayo	1	2	3	Media
10% de Flujo	22,35	22,3	22,0	22,2
25% de Flujo	17,37	17,4	17,2	17,3
75% de Flujo	7,73	7,5	7,7	7,6
90% de Flujo	5,34	4,9	4,9	5,0

Tabla 10 - Resultados de Eficiencia Fraccional

Intervalo (μm)	E (%)	OTROS DATOS	
0,237 – 0,316	30,34		
0,316 – 0,422	34,46		
0,422 – 0,562	42,77	Concentración de Polvo Fino	
0,562 – 0,750	54,52	70	mg/m^3
0,750 – 1,000	69,10		
1,000 – 1,334	78,90	Caudal	
1,334 – 1,778	86,02	120	L/min
1,778 – 2,371	90,61		
2,371 – 3,162	93,79	Polvo Fino de Ensayo	
3,162 – 4,217	95,22	ISO Fine	
4,217 – 5,623	95,32		
5,623 – 7,499	94,79	Caída de la Presión Inicial	
7,499 – 10,000	93,45	242,63	Pa

5

Ejemplo 4

- Un material compuesto de medio filtrante que tiene una capa de sustrato a base de celulosa y una capa de fibras finas de nilón 6 se preparó utilizando los medios de sustrato del Ejemplo 3. Los medios de material compuesto se hicieron con un electrodo de cadena sin fin de cuentas de metal (una realización que utiliza una celda de cadena de cuentas) tal como se describe anteriormente en relación con las FIGs. 1-8. Las condiciones ambientales fueron la temperatura ambiente (p. ej., 72°F) y una humedad relativa de 44%. Las fibras finas se hicieron a partir de una disolución al 12% de nilón 6, en que el nilón 6 fue disuelto en una disolución de 2/3 de ácido acético glacial y 1/3 de ácido fórmico (el ácido fórmico utilizado tenía una concentración de 88%, mientras que el ácido acético tenía un nivel de concentración de 99,9%).
- 15 Se proporcionó un potencial de tensión de 95.000. El electrodo de cadena de cuentas de metal se acopló eléctricamente a un suministro de una fuente de alimentación negativa de energía de tensión 45.000 y el electrodo de recogida se sometió a una fuente de alimentación positiva de tensión 50.000. La separación diana se mantuvo entre el electrodo de cadena de cuentas de metal y el electrodo de recogida en 5½ pulgadas, discurriendo los medios de sustrato sobre y en contacto con el electrodo de recogida.

ES 2 592 433 T3

5 Tal como se muestra en la imagen de microscopio de electrones de barrido de la FIG. 19, se observó que el diámetro de fibra de las fibras finas en la capa de fibras finas era típicamente menor que 100 nanómetros con una cantidad significativa de fibras finas con diámetros menores que 100 nanómetros. Para múltiples operaciones y/o ubicaciones de observación, las observaciones del SEM indicaron que típicamente entre aproximadamente 80%-90% de las fibras finas tenían diámetros entre 50 nanómetros y 100 nanómetros.

10 Los medios de material compuesto incluían un peso base de 27,63 kg/278,7 m² (61,05 lb/3000 ft²), una permeabilidad Frazier de 22,9 (CFM a 0.5 "WG); y un espesor de calibre de 0,0127 mm (0,5 milésimas de pulgada). Los resultados del ensayo indicaron que los medios filtrantes podrían calificarse como MERV 15 (basado en los datos de eficiencia fraccional), con una caída de presión inicial de 243,63 Pa (p. ej., una diferencia menor que 1% con relación a medios no recubiertos del Ejemplo 3).

Los datos del ensayo del tamaño de los poros y de eficiencia fraccional para el Ejemplo 4 fueron como sigue y/o como se muestra en las FIGs. 15 y 16.

Tabla 11 - Tamaño de los Poros (µm)

Número de Ensayo	1	2	3	Media	ET
Máx	33,8	37,0	32,7	34,497	2,20
Media	9,7	10,4	9,4	9,8367	0,49
Más Pequeño	3,38	2,74	2,55	2,89	0,43

15 Tabla 12 - Flujo de Filtro Acumulado, Tamaño de los Poros (µm)

Número de Ensayo	1	2	3	Media
10% de Flujo	17,88	19,2	17,0	18,0
25% de Flujo	12,81	14,3	12,4	13,2
75% de Flujo	8,02	7,2	7,1	7,4
90% de Flujo	6,66	4,8	4,7	5,4

Tabla 13- Resultados de Eficiencia Fraccional

Intervalo (µm)	E (%)	OTROS DATOS	
0,237 – 0,316	87,71		
0,316 – 0,422	88,47		
0,422 – 0,562	89,79	Concentración de Polvo Fino	
0,562 – 0,750	92,10	70	mg/m ³
0,750 – 1,000	94,88		
1,000 – 1,334	96,88	Caudal	
1,334 – 1,778	98,16	120	L/min
1,778 – 2,371	98,97		
2,371 – 3,162	99,54	Polvo Fino de Ensayo	
3,162 – 4,217	99,90	ISO Fine	
4,217 – 5,623	100,00		
5,623 – 7,499	100,00	Caída de la Presión Inicial	

Intervalo (µm)	E (%)	OTROS DATOS	
7,499 – 10,000	100,00	243,85	Pa

Ejemplo 5

Un material compuesto de medio filtrante que tiene una capa de sustrato a base de celulosa y una capa de fibras finas de nilón 6 se preparó utilizando los medios de sustrato del Ejemplo 3, de acuerdo con los parámetros del Ejemplo 4, excepto que se utilizó un equipo diferente, a saber, una máquina de EI- Marco NANOSPIDER modelo NS-8A 1450, disponible de EI-Marco, s.r.o., Liberec, República Checa, y que las modificaciones se realizaron en la máquina aumentando el suministro de tensión a 95.000 voltios para aumentar la producción de fibras finas. Las condiciones ambientales fueron la temperatura ambiente (p. ej., 72°F) y una humedad relativa de 44%. Las fibras finas se hicieron a partir de una disolución al 12% de nilón 6, en que el nilón 6 fue disuelto en una disolución de 2/3 de ácido acético y 1/3 de ácido fórmico (el ácido fórmico utilizado tenía una concentración de 88%, mientras que el ácido acético tenía un nivel de concentración de 99,9%). Se proporcionó un campo electrostático de un diferencial de 95.000 voltios. La separación diana se mantuvo entre el electrodo de hilatura y el electrodo de recogida en 5½ pulgadas (medido en el punto más estrecho). Para múltiples operaciones y/o ubicaciones de observación, las observaciones del SEM indicaron que típicamente entre aproximadamente 80%-90% de las fibras finas tenían diámetros entre 50 nanómetros y 100 nanómetros.

El uso de los términos "un" y "una" y "el" y "la" y referentes similares en el contexto de la descripción de la invención (especialmente en el contexto de las siguientes reivindicaciones) es interpretar que cubren tanto el singular como el plural, a menos que se indique lo contrario en esta memoria o se contradiga claramente por el contexto. Los términos y expresiones "que comprenden", "que tienen", "incluyendo" y "que contienen" deben interpretarse como términos y expresiones abiertos (es decir, que significan "incluyendo, pero no limitado a") a menos que se indique lo contrario. La cita de intervalos de valores en esta memoria están meramente destinados a servir como un método abreviado de referirse individualmente a cada uno de los valores separados que caen dentro del intervalo, a menos que se indique lo contrario en esta memoria, y cada uno de los valores separados se incorpora en la memoria descriptiva como si fuera citado individualmente en esta memoria. Todos los métodos descritos en esta memoria se pueden realizar en cualquier orden adecuado, a menos que se indique lo contrario en esta memoria o se contradiga claramente por el contexto. El uso de cualquiera y todos los ejemplos, o lenguaje a modo de ejemplo (p. ej., "tal como") proporcionado en esta memoria, pretende meramente iluminar mejor la invención y no plantea una limitación en el alcance de la invención, a menos que se reivindique lo contrario. Ningún lenguaje en la memoria descriptiva debería interpretarse como una indicación de cualquier elemento no reivindicado como esencial para la práctica de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Medios filtrantes, que comprenden:
 una capa de sustrato de medios permeables;
 una capa de fibras finas portada por la capa de sustrato, incluyendo la capa de fibras finas una cantidad significativa
 5 de fibras con un diámetro menor que 100 nanómetros.
2. Los medios filtrantes de la reivindicación 1, en donde la cantidad significativa significa al menos uno de lo siguiente: que la capa de fibras finas incluye un diámetro medio de fibra de menos de 100 nanómetros; un diámetro medio de fibra de menos de 100 nanómetros; y/o al menos 25% de las fibras en la capa de fibras finas tiene un diámetro de menos de 100 nanómetros.
- 10 3. Los medios filtrantes de la reivindicación 1 ó 2, en donde al menos 50% de las fibras en la capa de fibras finas tiene un diámetro de menos de 100 nanómetros.
4. Los medios filtrantes de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde al menos 70% de las fibras tiene un diámetro entre 50 y 100 nanómetros.
- 15 5. Los medios filtrantes de cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde el polímero comprende un nilón, y en donde la fibra fina comprende un polímero que es inherentemente hidrofóbico y no soluble en agua.
6. Los medios filtrantes de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde la combinación de la capa de sustrato y la capa de fibras finas, aparte de otras capas, en su caso, tiene una eficiencia de al menos 90% para partículas de un tamaño de 0,75-1,00 micras, con menos de 15% de diferencia en la caída de presión con relación a la capa de sustrato sola, y en donde la capa de sustrato tiene una eficiencia, sin la capa de fibras finas de una eficiencia de
 20 menos de 75% para partículas de un tamaño de 0,75-1,00 micras.
7. Los medios filtrantes de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde la combinación de la capa de sustrato y la capa de fibras finas, aparte de otras capas, en su caso, tiene una eficiencia de al menos 80% para partículas de un tamaño de 0,237-0,316 micras, y en donde el sustrato tiene una eficiencia, sin la capa de fibras finas de una eficiencia de menos de 40% para partículas de un tamaño de 0,237-0,316 micras.
- 25 8. Los medios filtrantes de cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde la combinación de la capa de sustrato y la capa de fibras finas, aparte de otras capas, en su caso, tiene al menos 50% de la distribución del tamaño de los poros a lo largo de un intervalo de separación de 6 micras;
 en donde la combinación de la capa de sustrato y la capa de fibras finas, aparte de otras capas, en su caso, tiene al menos 40% de la distribución del tamaño de los poros a lo largo de un intervalo de separación de 4 micras; y
 30 la combinación de la capa de sustrato y la capa de fibras finas, aparte de otras capas, en su caso, tiene al menos 25% de la distribución del tamaño de los poros a lo largo de un intervalo de separación de 2 micras.
9. Los medios filtrantes de cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en donde la capa de sustrato comprende medios filtrantes porosos, basados en celulosa, teniendo los medios filtrantes porosos basados en fibras de celulosa las siguientes características:
- 35 (a) una Permeabilidad Frazer entre aproximadamente 1 y aproximadamente 400 CFM a 5" WG;
 (b) un diámetro medio de las fibras de entre aproximadamente 2 y aproximadamente 50 micras;
 (c) un peso base entre aproximadamente 30 y aproximadamente 200 lb/3000 ft²;
 (d) una distribución del tamaño de los poros generalmente entre aproximadamente 2 y aproximadamente 50 micras; y
 40 (e) una resistencia al estallido Mullen de entre aproximadamente 5 y aproximadamente 70 psi.
10. Los medios filtrantes de cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en donde la capa de fibras finas modifica la caída de presión a través de la capa de sustrato en menos de 5%.
11. Los medios filtrantes de cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en donde la capa de fibras finas modifica la caída de presión a través de la capa de sustrato en menos de 1%.
- 45 12. Un método de formar medios filtrantes de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-11, que comprende:
 disolver un polímero en un disolvente para formar una disolución polimérica;
 electro-hilar fibras finas del disolvente polimérico a partir de un electrodo bajo un campo electrostático;

depositar las fibras finas sobre una capa de sustrato; y
seleccionar al menos un disolvente y al menos un polímero para generar una cantidad significativa de fibras con un diámetro de menos de 100 nanómetros.

5 13. El método de la reivindicación 12, en el que la selección de al menos un disolvente incluye seleccionar un agente disolvente para el polímero y ajustar al menos una de la conductividad y la tensión superficial con un agente de control, en donde el agente de control es un disolvente diferente del agente disolvente.

14. El método de formar medios filtrantes de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 12-13, en que el método incluye:

incluir la disolución polimérica en un receptáculo;

10 sumergir el electrodo en la disolución polimérica y emitir fibras en diferentes ubicaciones de hilatura desde el electrodo a lo largo de un tramo;

hacer discurrir el sustrato transversalmente al tramo para recoger las fibras emitidas;

en el que las ubicaciones de hilatura están en una disposición generalmente lineal a través del electrodo a lo largo de un borde del electrodo;

15 en el que la disposición lineal incluye una pluralidad de filas de ubicaciones de hilatura;

que comprende, además, espaciar la capa de sustrato entre aproximadamente 4 y aproximadamente 10 pulgadas desde el electrodo, y controlar la humedad relativa entre aproximadamente 30% y 50%.

20 15. El método de cualquiera de las reivindicaciones 12-14, en el que el polímero comprende un nilón y en el que al menos un disolvente comprende un ácido, siendo controlada la relación de disolvente de polímero a disolvente entre aproximadamente 8% y aproximadamente 20%, en el que al menos un disolvente incluye una combinación de ácido acético y ácido fórmico y tiene una proporción mayor de ácido acético que de ácido fórmico.

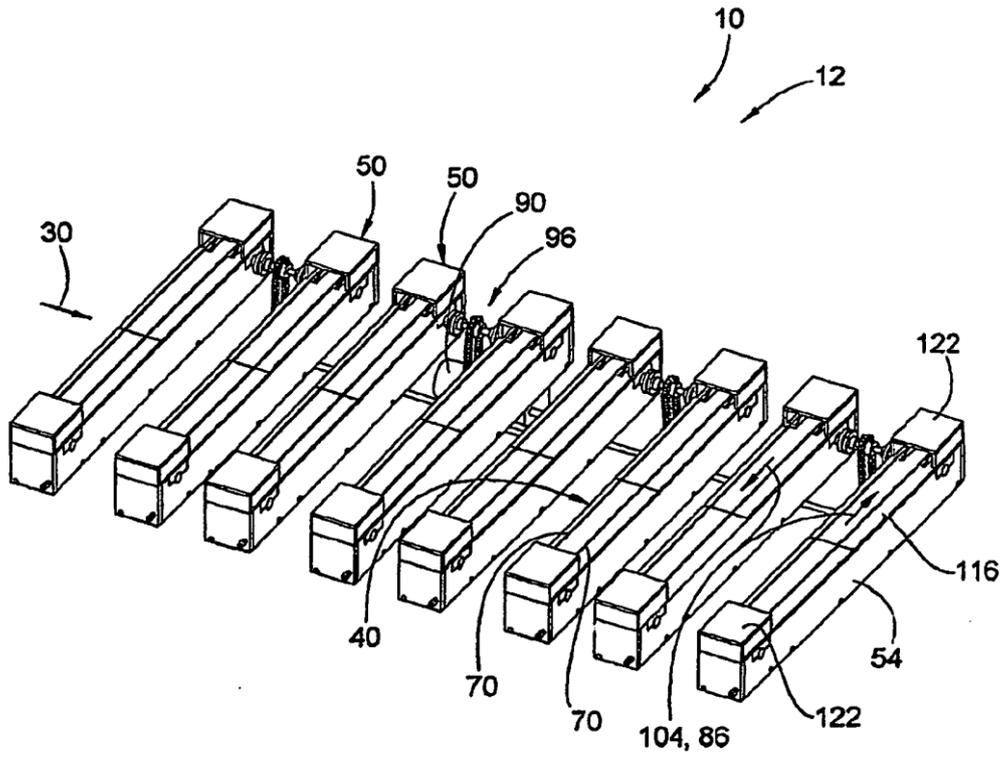


FIG. 3

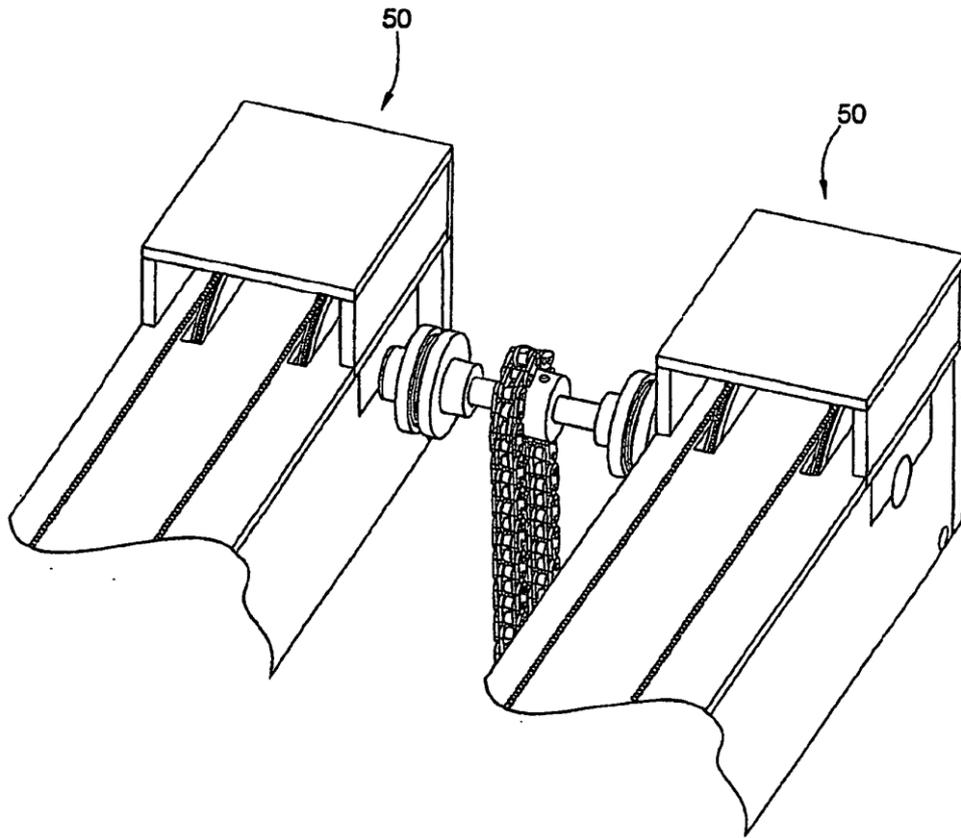


FIG. 4

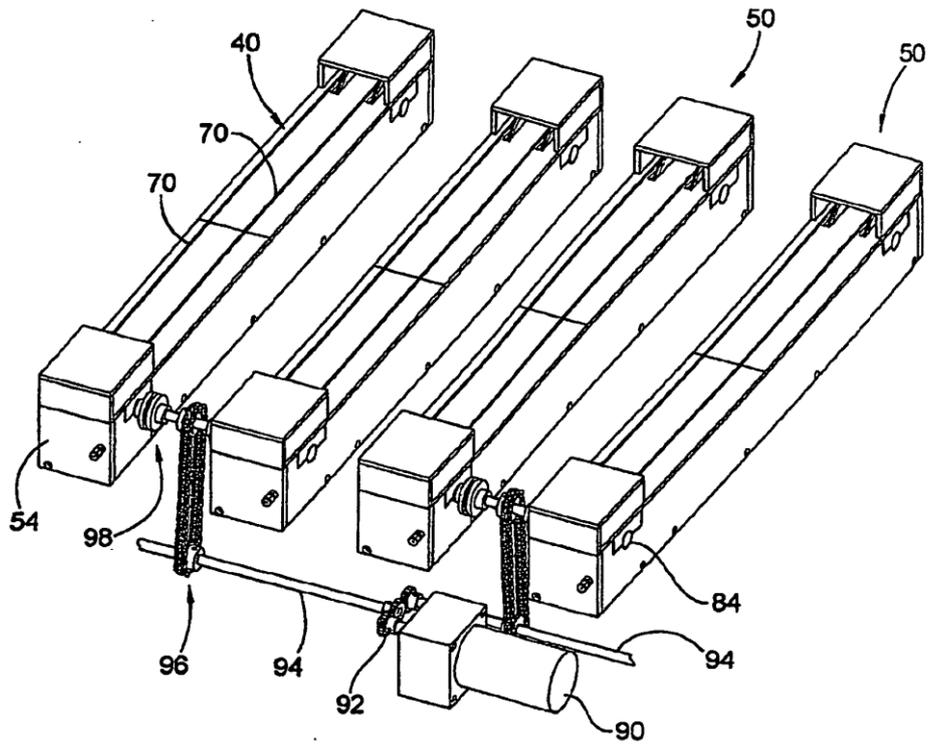


FIG. 5

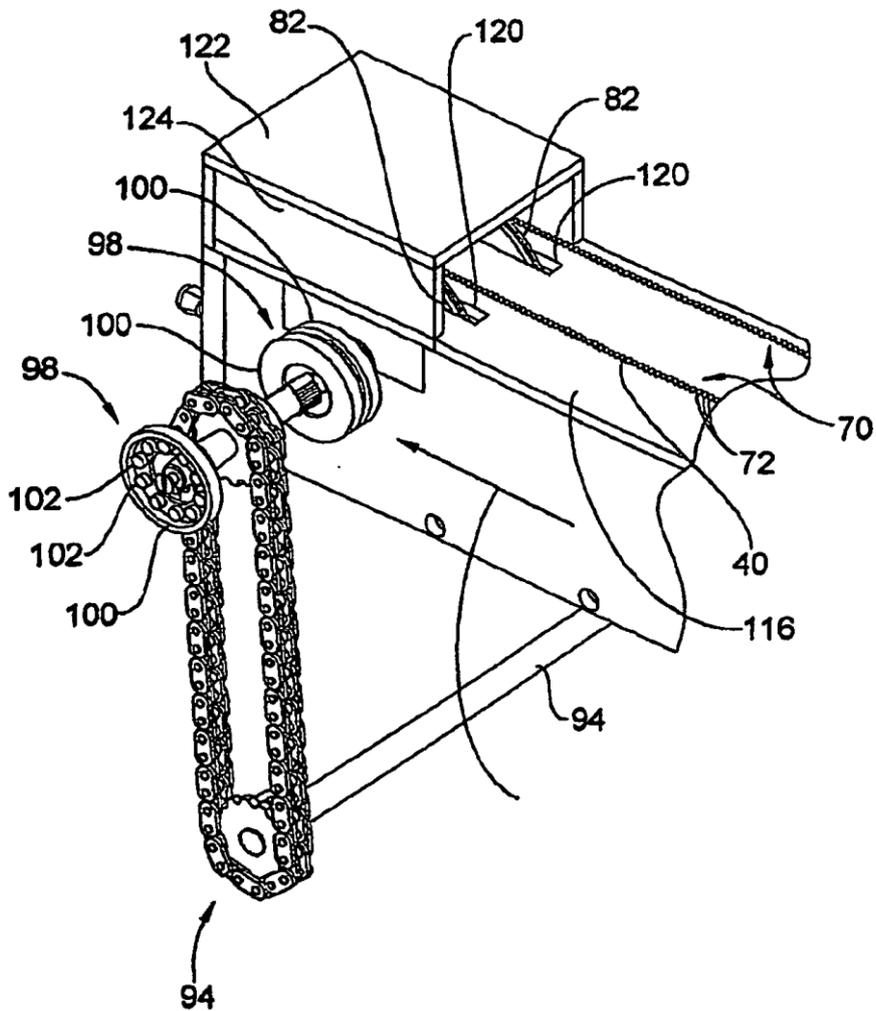
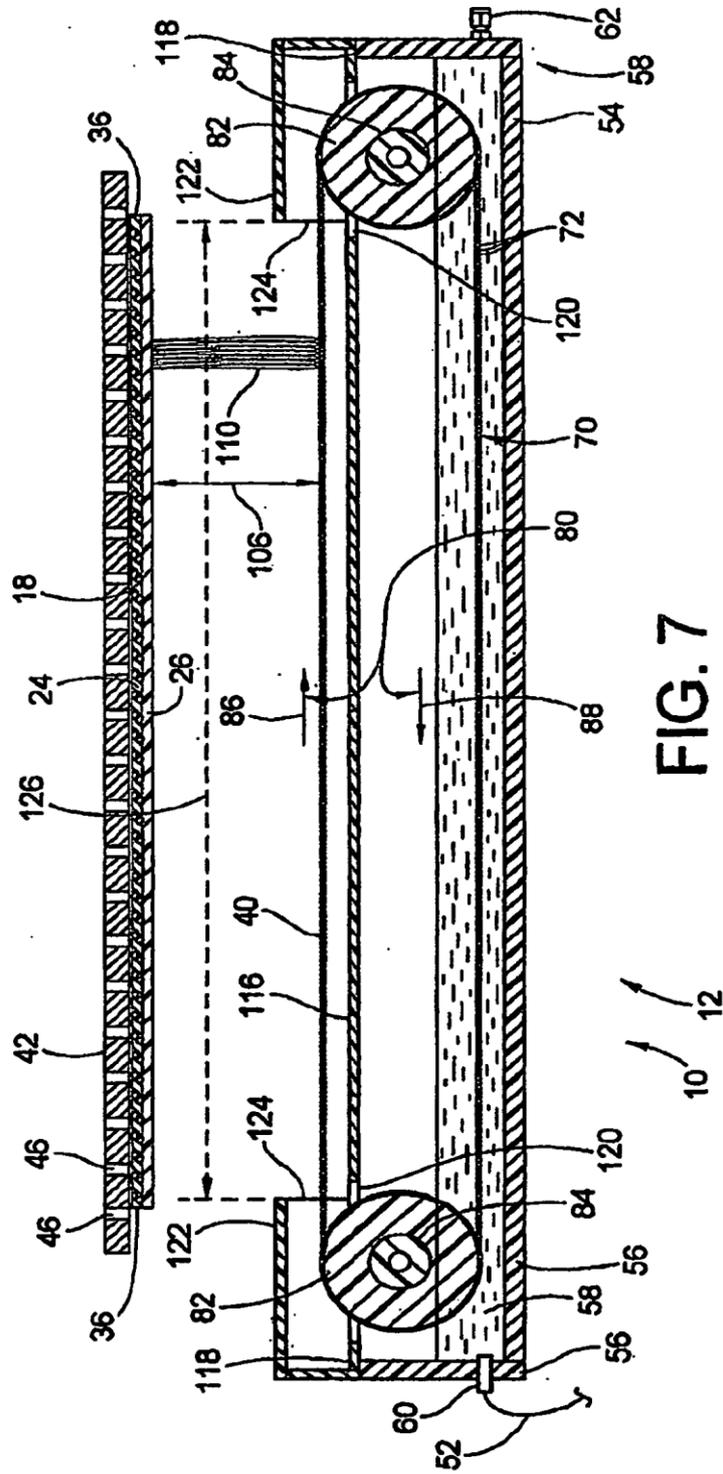


FIG. 6



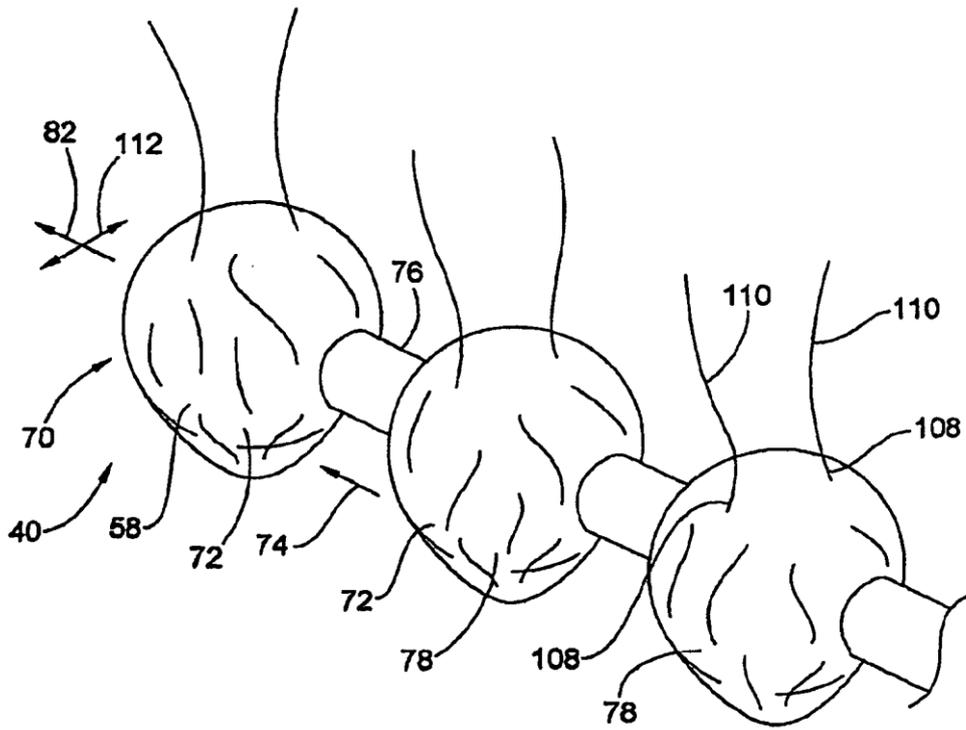


FIG. 8

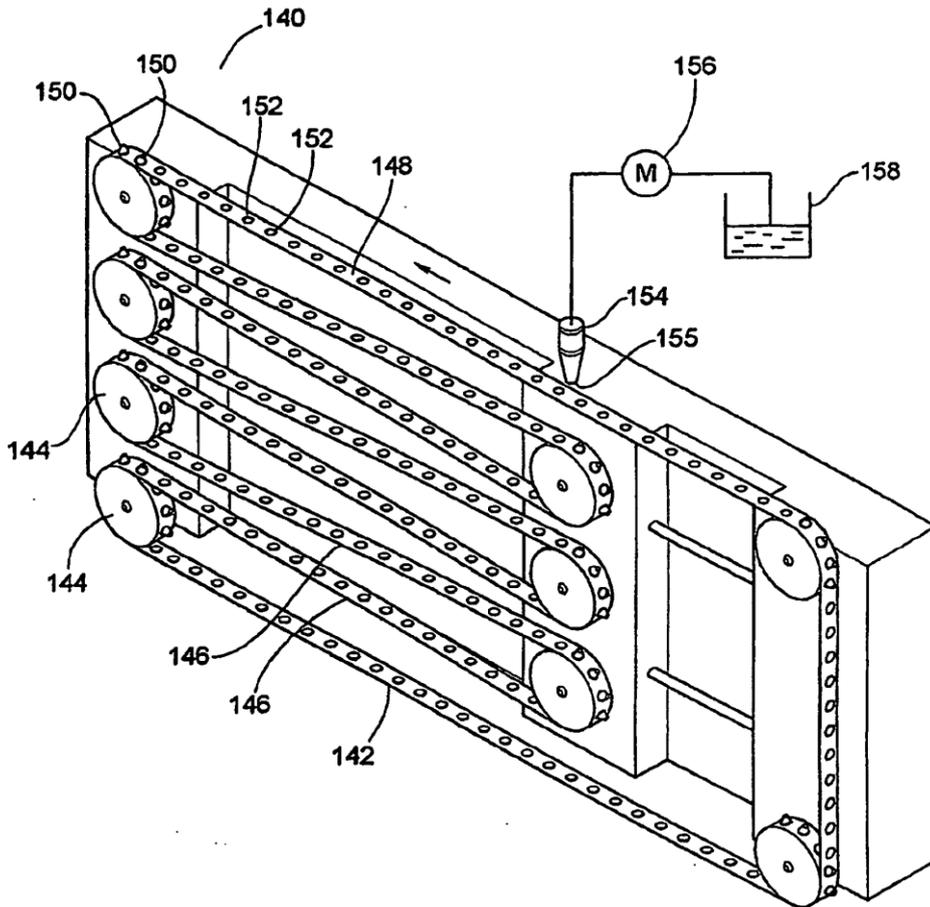


FIG. 9

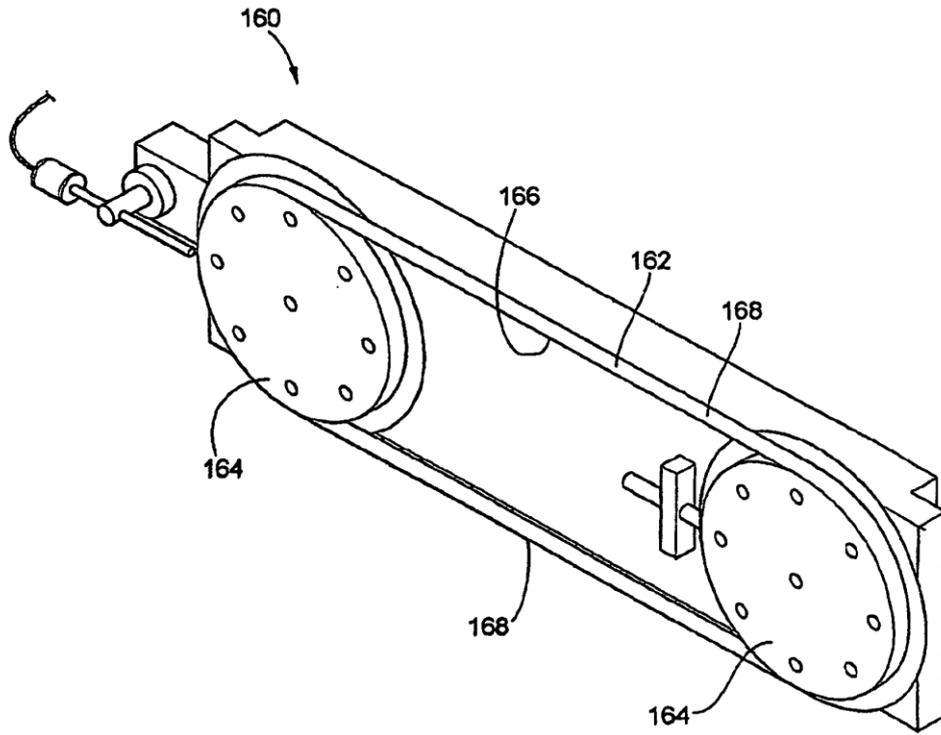


FIG. 10

HISTOGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE POROS FRENTE A DIÁMETRO - REVESTIDO CON FIBRAS FINAS DONALDSON

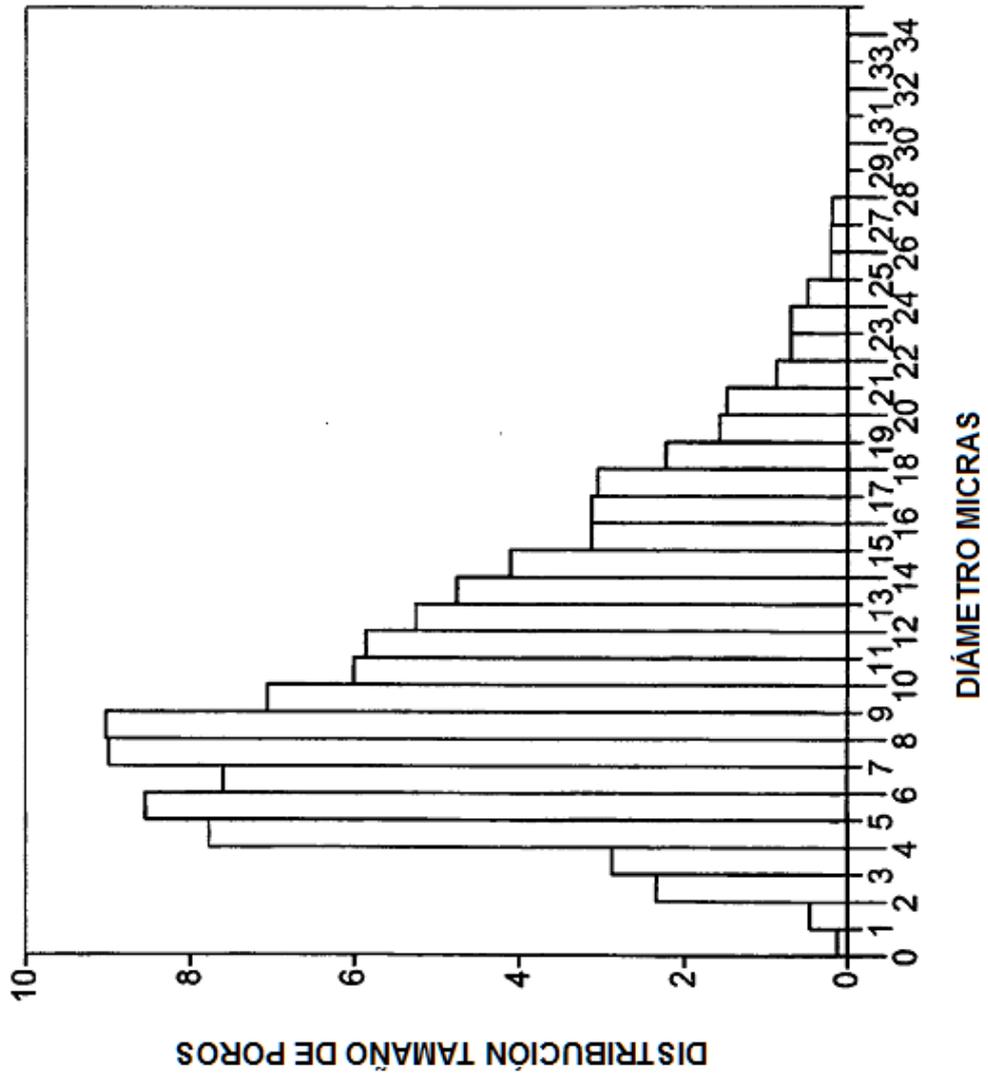


FIG. 11

HISTOGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE POROS FRENTE A DIÁMETRO - SUSTRATO DE DONALDSON (NO REVESTIDO)

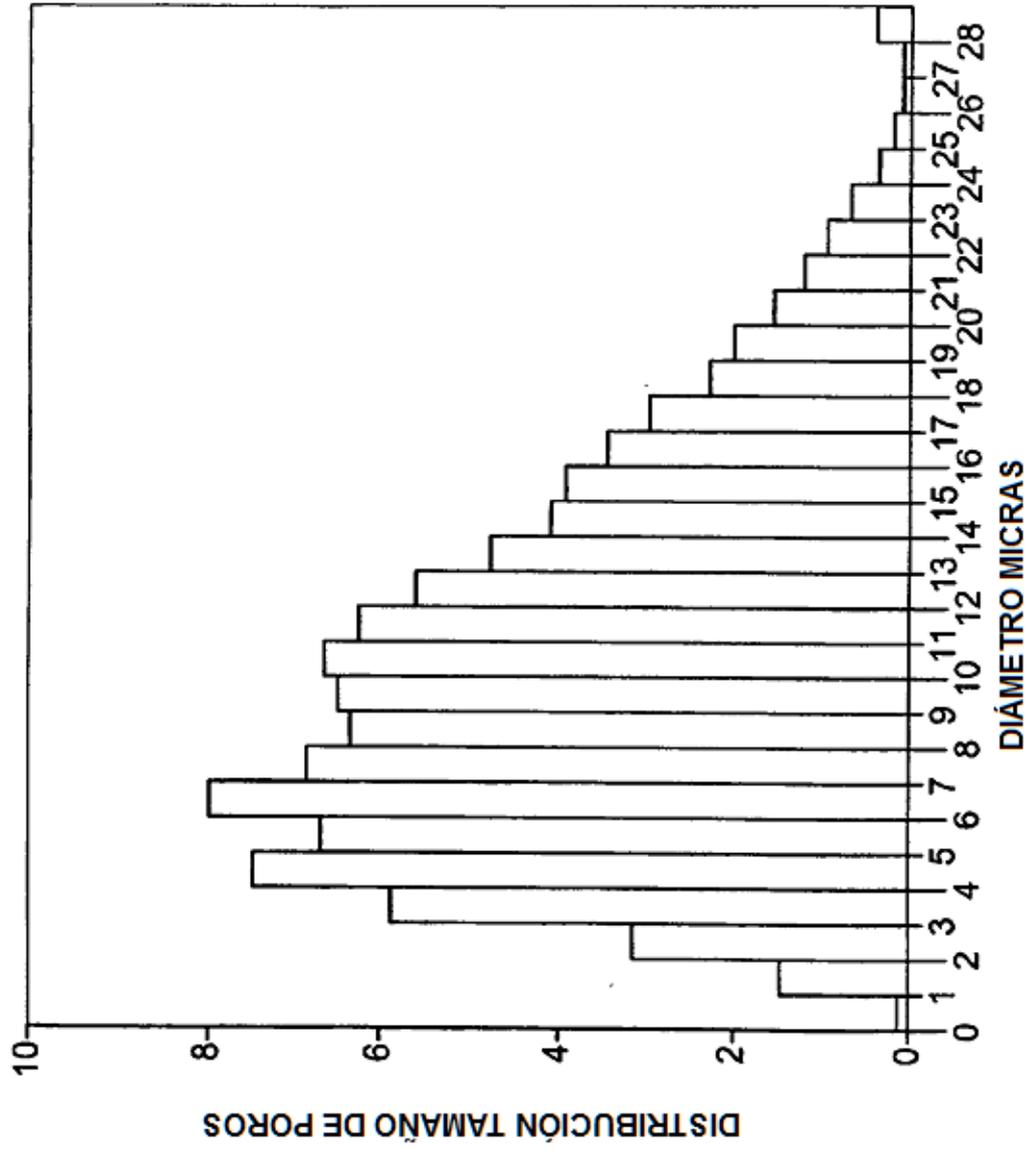
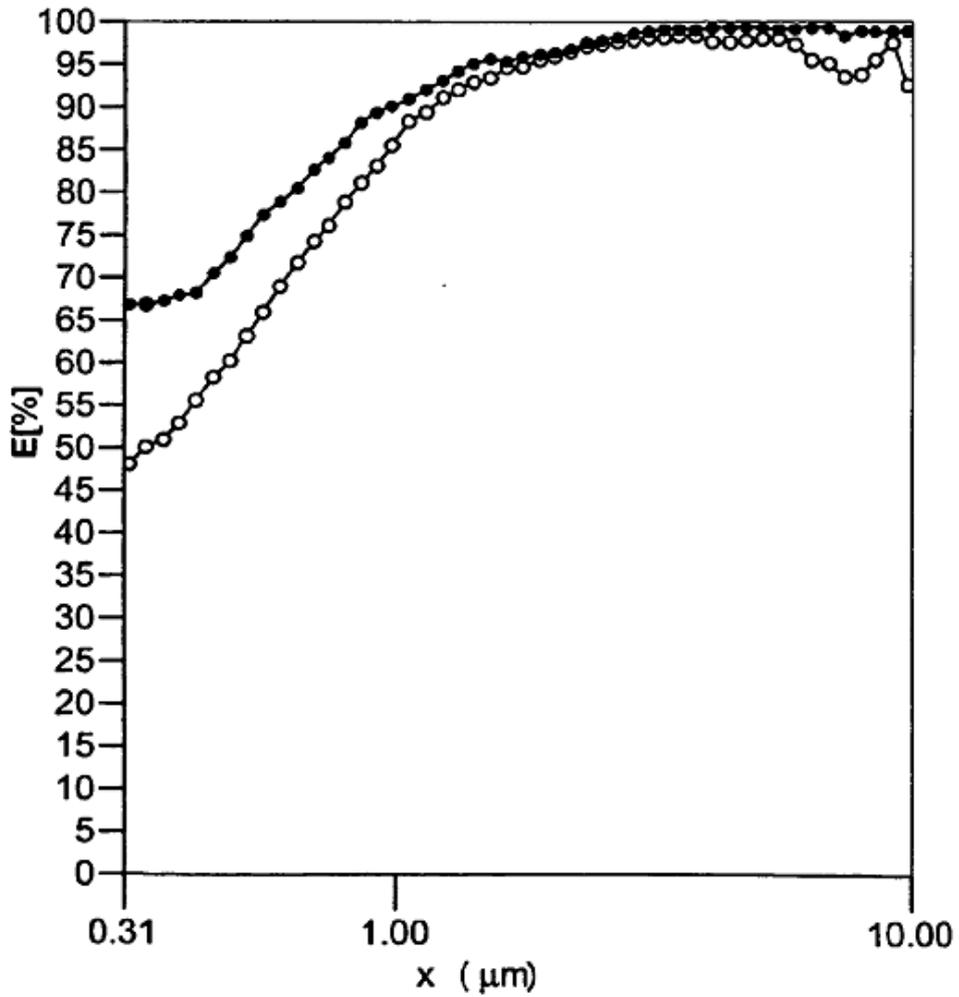


FIG. 12

FIG. 13

100% * (1-dCmabajo / dCmarriba)

X80	0.61	μm	0.81	μm
X95	1.36	μm	1.75	μm
Ret.	99.35	%	95.61	%
dp	362.87	Pa	378.13	Pa
Ret. (0.4 μm)	68.09	%	54.94	%



HISTOGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE POROS FRENTE A DIÁMETRO - SUSTRATO (NO REVESTIDO)

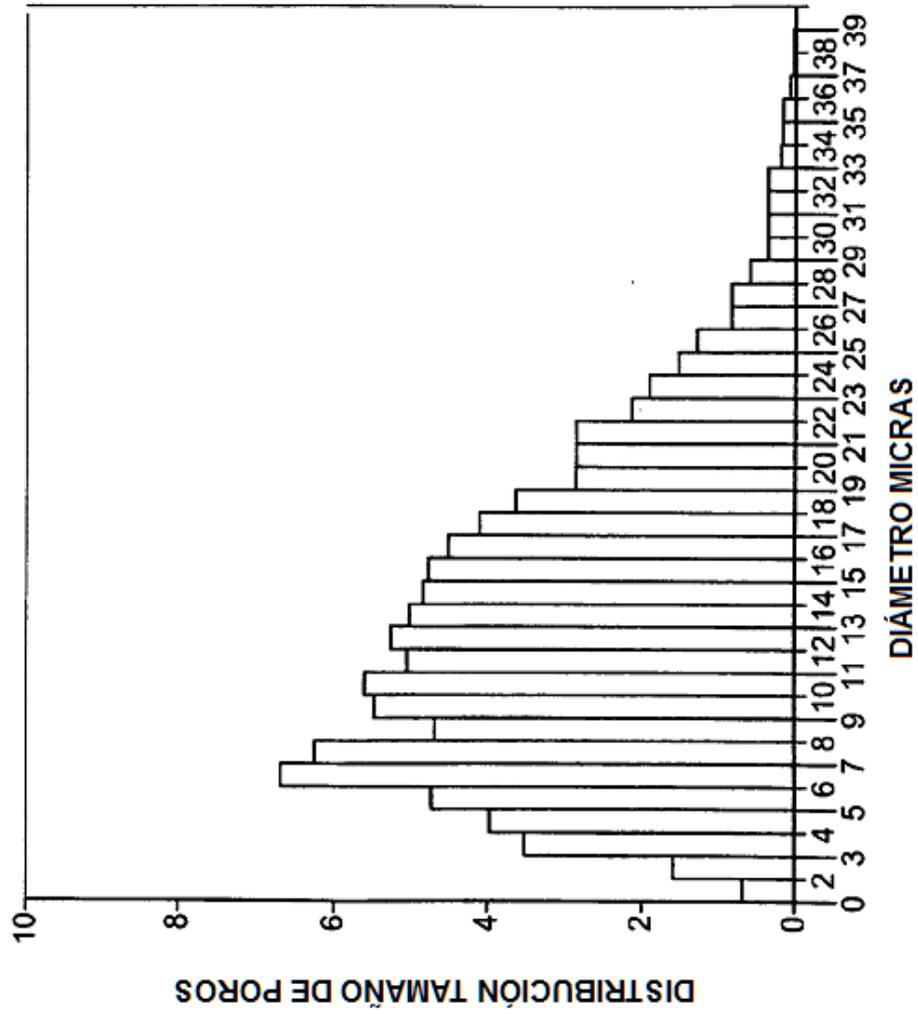


FIG. 14

HISTOGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE POROS FRENTE A DIÁMETRO

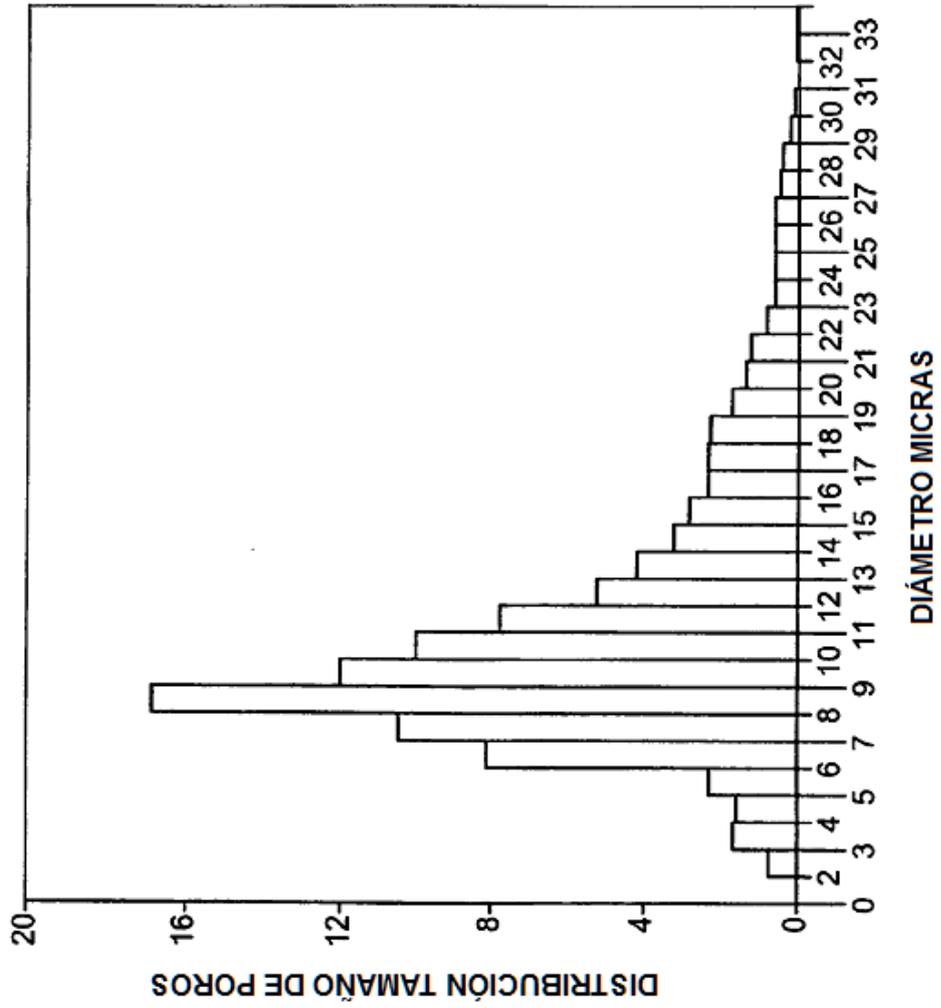
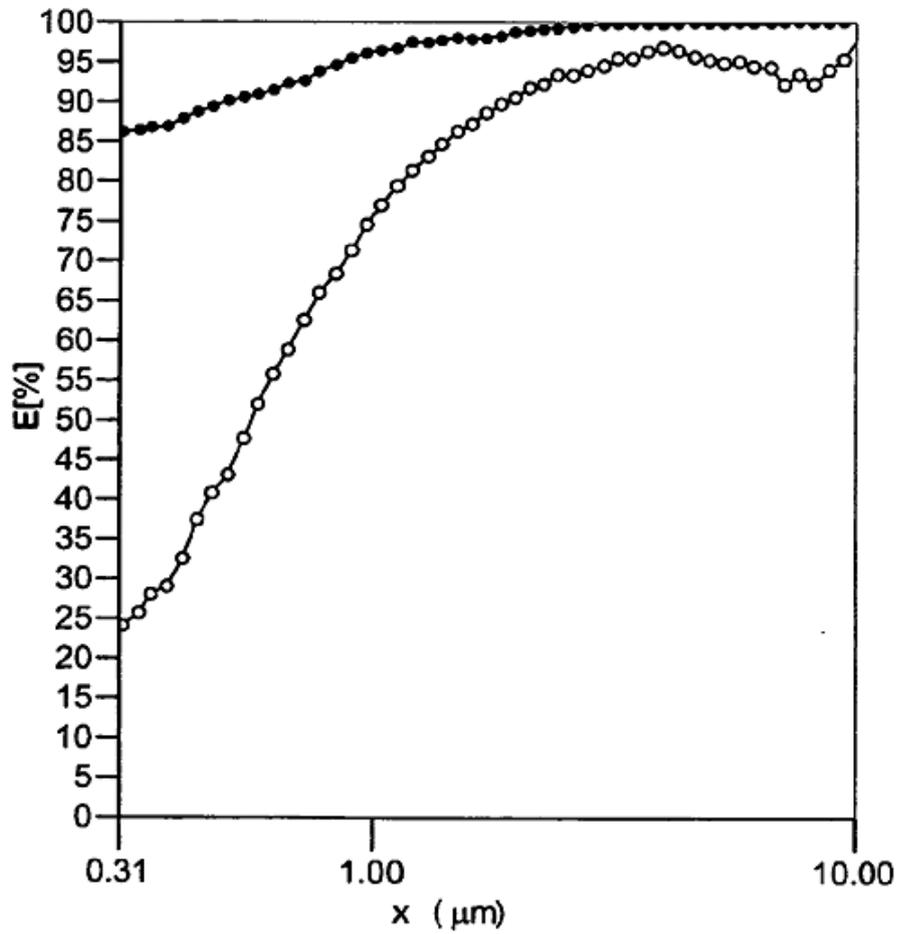


FIG. 15

FIG. 16

100% * (1-dCmabajo / dCmarriba)

X80	0.30 μm	1.13 μm
X95	0.84 μm	3.13 μm
Ret.	99.88 %	90.24 %
dp	243.85 Pa	242.63 Pa
Ret. (0.4 μm)	87.85 %	31.20 %



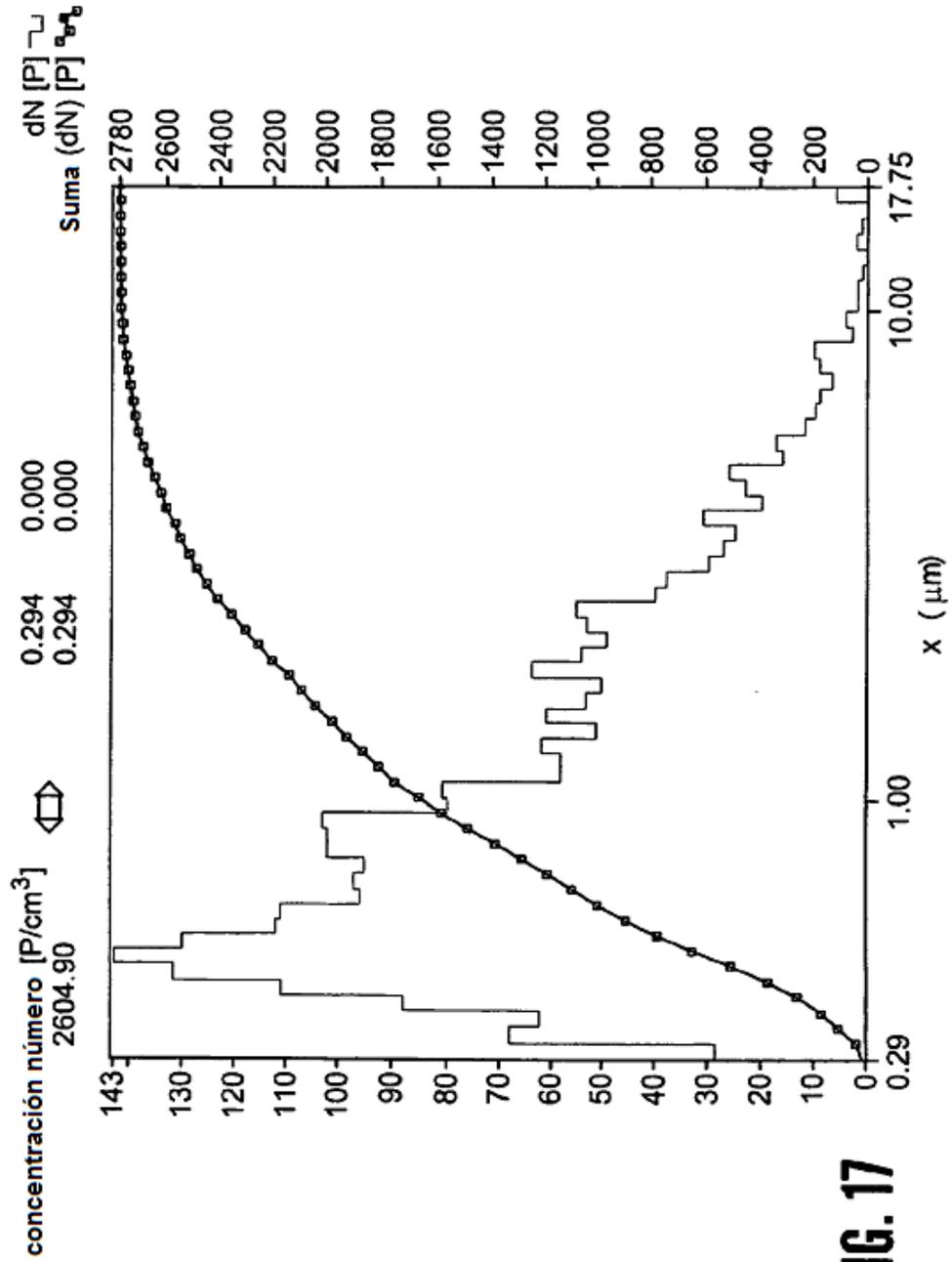


FIG. 17

FIG. 18

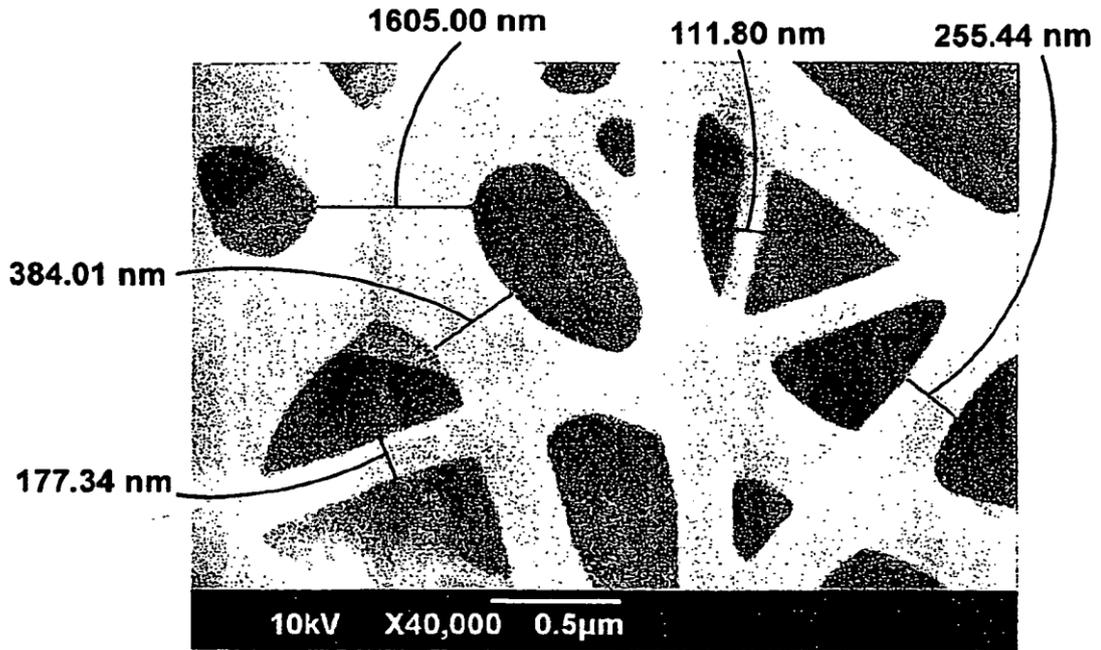


FIG. 19

