

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 809 826**

51 Int. Cl.:

B01D 39/20 (2006.01)

B01D 39/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.02.2011 PCT/US2011/024791**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.08.2011 WO11100712**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.02.2011 E 11704707 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020 EP 2533877**

54 Título: **Filtros de líquido**

30 Prioridad:

12.02.2010 US 304232 P

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

05.03.2021

73 Titular/es:

**DONALDSON COMPANY, INC. (100.0%)
1400 West 94th Street P.O. Box 1299
Minneapolis, MN 55440-1299, US**

72 Inventor/es:

**JONES, DEREK O.;
DEMA, KEH B.;
LARSEN, STEPHEN M.;
MADSEN, MIKE J.;
DALLAS, ANDREW J.;
ELSAIED, YEHYA A. y
YANG, CHUANFANG**

74 Agente/Representante:

PADIAL MARTÍNEZ, Ana Belén

ES 2 809 826 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

Filtros de líquido

Campo de la invención

La presente invención se refiere a filtros para la filtración de combustibles líquidos.

- 5 En particular, la invención se refiere a medios de filtración para la retirada de productos de degradación de los combustibles (PDC) y otros contaminantes procedentes de combustibles líquidos.

Antecedentes

- 10 Los combustibles líquidos, tales como el combustible diésel, se usan en motores de combustión interna de diversas configuraciones y tamaños. En general, dichos combustibles se deben filtrar para retirar contaminantes particulados, que de otro modo pueden crear problemas significativos en el rendimiento del motor y pueden dar como resultado un daño en el motor. Se ha requerido, en general, que los medios filtrantes para la retirada de estos contaminantes particulados retiren porcentajes muy altos de partículas, lo que exige el uso de medios filtrantes con estructuras de poro estrecho. Sin dichas estructuras de poro estrecho, pueden pasar niveles inaceptables de partículas a través de los medios filtrantes y afectar negativamente al rendimiento del motor.

- 15 El documento US 2006/096263 A1 divulga un medio filtrante que comprende fibras de vidrio (fibras del medio) y fibras aglutinantes bicomponente (fibras aglutinantes) con un diámetro promedio mayor que las fibras de vidrio. El filtro se puede usar para la retirada de materiales particulados de las corrientes de fluido, tales como aire, líquidos acuosos y no acuosos, por ejemplo, aceites lubricantes y fluidos hidráulicos.

- 20 Uno de medios usados actualmente para la retirada de contaminantes particulados de las corrientes de combustible es un medio soplado en estado fundido que permite la retirada eficaz de contaminantes particulados. Aunque los medios soplados en estado fundido pueden tener un rendimiento adecuado para retirar contaminantes particulados de los combustibles líquidos, los medios soplados en estado fundido se pueden ensuciar fácilmente por la acumulación de contaminantes distintos de los contaminantes particulados tradicionales. Este ensuciamiento prematuro parece ser en particular pronunciado en situaciones donde el combustible sufre ciclos repetidos de calentamiento y enfriamiento, tal como en los sistemas de carril común usados en muchos motores diésel. En dichos sistemas, el combustible diésel se bombea desde un depósito de combustible a alta presión a lo largo de un conducto común (o carril) que está conectado a múltiples inyectores de combustible. Parte del combustible diésel pasa a través de los inyectores de combustible y se quema, pero el resto se devuelve al depósito de combustible a una temperatura incrementada como resultado del desplazamiento hacia abajo por el carril común a través de partes del motor diésel caliente. Una vez de vuelta en el depósito, el combustible se enfría rápidamente. Se cree que los ciclos repetidos de calentamiento y enfriamiento del combustible contribuyen a la producción de productos de degradación del combustible que aceleran el ensuciamiento de los medios filtrantes de combustible tradicionales.

- 35 Además de los materiales que obstruyen los filtros generados como resultado de ciclos de calentamiento y enfriamiento, fuentes adicionales de contaminantes que pueden reducir el rendimiento del filtro de combustible incluyen ingredientes encontrados en diversas mezclas de biodiésel. Aunque a menudo es distinto en su origen de los productos de degradación del combustible formados durante los ciclos de calentamiento y enfriamiento, estos contaminantes también pueden contribuir a reducciones significativas de la vida útil del filtro de combustible por acumulación en los medios filtrantes. Finalmente, incluso el envejecimiento normal del combustible, especialmente cuando se produce a temperaturas elevadas, puede dar como resultado la producción de contaminantes del combustible que limitan aún más la vida útil del filtro de combustible debido a ensuciamiento y obstrucción de los medios filtrantes antes de lo que de otro modo cabría esperar si solo estuvieran presentes contaminantes de partículas duras.

- 45 Por lo tanto, existe una necesidad sustancial de medios de filtración, elementos filtrantes y procedimientos de filtración que se puedan usar para retirar materiales contaminantes de las corrientes de combustible líquido. La invención proporciona dichos medios, elementos filtrantes y procedimientos.

Sumario de la invención

- 50 La presente invención se refiere a medios filtrantes configurados y dispuestos para su colocación en una corriente de combustible líquido, a elementos filtrantes fabricados usando los medios filtrantes, y a procedimientos de filtración de corrientes de combustible. Los medios y elementos filtrantes están configurados para aplicaciones donde el combustible puede contener diversos contaminantes adicionales además de partículas duras convencionales. Estos contaminantes adicionales pueden incluir (por ejemplo) ceras, asfaltenos, glucósidos de esteroides, glucósidos de esterilo y diversos productos de degradación de los combustibles (PDC). Conjuntamente, estos contaminantes adicionales se pueden denominar productos de contaminación de los combustibles (PCC). Para la filtración de combustible diésel, en particular, el medio filtrante está especialmente configurado para retirar productos de degradación del combustible (PDC), así como productos de contaminación del combustible (PCC) similares.

En el filtro de acuerdo con la reivindicación 1 el medio filtrante comprende una capa corriente arriba del medio filtrante y una capa corriente abajo del medio filtrante. La capa corriente arriba del medio filtrante puede contener fibras bicomponente poliméricas unidas térmicamente y fibras de vidrio. La capa corriente abajo del medio filtrante puede comprender fibras de celulosa. La capa corriente arriba del medio que contiene fibras bicomponente y de vidrio se puede laminar con el medio de celulosa corriente abajo. Se ha demostrado que la capa corriente arriba del medio que contiene las fibras bicomponente y de vidrio retira productos de degradación del combustible de tal manera que la vida útil del filtro se conserva, o incluso se extiende, con respecto a los medios filtrantes de la técnica anterior. La capa de celulosa corriente abajo cumple una doble función como capa de soporte para la capa de filtro corriente arriba, al tiempo que funciona para retirar partículas duras de la corriente de combustible. La retirada corriente arriba de los productos de degradación del combustible evita el ensuciamiento de la capa de celulosa corriente abajo con los productos de degradación del combustible, permitiendo de este modo que la capa de celulosa corriente abajo capture partículas duras sin ensuciamiento prematuro, a pesar de una estructura de poro estrecho. Además, en determinados modos de realización, la capa de celulosa corriente abajo se puede construir con una estructura de poro más estrecho de lo que de otro modo sería posible sin la capa (o capas) corriente arriba de medios que contienen fibras bicomponente y de vidrio, porque la capa (o capas) corriente arriba retiran los productos de degradación del combustible (o productos contaminantes del combustible) que de otro modo ensuciarían prematuramente las estructuras de poro más estrecho.

Más en general, la invención se refiere a diversas construcciones de filtro que permiten la retirada de contaminantes tales como productos de degradación de los combustibles y otros productos de contaminación de los combustibles. Dichas construcciones de filtro pueden comprender una o más áreas de medios filtrantes que contienen una mezcla de al menos dos tipos de fibras: (1) una fibra del medio y (2) una fibra aglutinante.

La fibra del medio es esa fibra que proporciona propiedades de filtración principal al medio, tales como tamaño de poro controlable, permeabilidad y eficacia. La fibra del medio usada de acuerdo con la invención puede ser, por ejemplo, fibra de vidrio o fibra de carbono.

La fibra aglutinante proporciona soporte para la fibra del medio, y añade un manejo mejorado, añade mayor resistencia, y da como resultado una menor compresibilidad al medio. La fibra aglutinante puede ser, por ejemplo, una fibra bicomponente. El uso de la fibra bicomponente permite la formación de una capa (o capas) del medio o elemento filtrante sin aglutinante de resina separado o con cantidades mínimas de un aglutinante de resina. La falta de un aglutinante de resina reduce sustancialmente o evita la formación de una película a partir del aglutinante de resina y también evita la falta de uniformidad en el medio o elemento debida a la migración de la resina a una localización particular de la capa del medio. El uso de la fibra bicomponente reduce la compresibilidad y permite una menor solidez, incrementa la resistencia a la tracción y mejora la unión de la fibra del medio, tal como una fibra de vidrio y otros materiales de fibra submicrométricos que se añaden a la capa del medio o al elemento filtrante. Además, en determinadas implementaciones, la fibra aglutinante proporciona una procesabilidad mejorada durante la formulación de la pasta, la formación de láminas o capas, y el procesamiento corriente abajo, incluido el ajuste del espesor, el secado, el corte y la formación del elemento filtrante.

La fibra del medio tiene un diámetro mucho más pequeño que la fibra aglutinante. En modos de realización de ejemplo, la fibra del medio tiene un diámetro promedio menor de 5 micrómetros, mientras que la fibra aglutinante tiene un diámetro promedio mayor de 5 micrómetros. Más típicamente, la fibra del medio tendrá un diámetro promedio de 0,1 a 20 micrómetros, y opcionalmente de 0,1 a 15 micrómetros. En algunas implementaciones, la fibra del medio tendrá un diámetro promedio de 0,4 a 12 micrómetros, y en algunas implementaciones de 0,4 a 6,5 micrómetros. Las fibras del medio con un diámetro promedio menor de 10 micrómetros, menor de 7,5 micrómetros, menor de 6,5 micrómetros y menor de 5 micrómetros son a menudo deseables.

La fibra aglutinante tendrá típicamente un diámetro de 5 a 40 micrómetros, más típicamente de 7 a 20 micrómetros, y, a menudo de 10 a 14 micrómetros. Se indicará que el diámetro tanto de las fibras del medio como de las fibras aglutinantes puede ser variable. En algunos casos, los diámetros de las fibras variarán a lo largo de sus longitudes, mientras que más comúnmente se incorporarán múltiples fibras diferentes de diversos diámetros. Se entenderá que, como se usa en el presente documento, los diámetros de las fibras se basan en diámetros promedio de las fibras para las fibras presentes en el medio.

Otra característica del medio filtrante fabricado de acuerdo con la presente invención, y en particular esa parte del medio asociada con el secuestro de PDC (y contaminantes relacionados), es que el medio tiene típicamente un nivel de solidez relativamente bajo. Como se usa en el presente documento, la solidez es el volumen de fibra sólida dividido entre el volumen total del medio filtrante en cuestión, normalmente expresado como un porcentaje. En una implementación típica, la solidez del medio filtrante asociado con el secuestro de PDC es menor de un 15 por ciento, más típicamente menor de un 12 por ciento y con mayor frecuencia menor de un 10 por ciento. En determinados modos de realización, la solidez es menor de un 9 por ciento, menor de un 8 por ciento o menor de un 7 por ciento.

Una característica adicional del medio filtrante hecho de acuerdo con la presente invención es que es relativamente incompresible, especialmente con respecto a la solidez del medio. En un primer modo de realización de ejemplo, el medio filtrante tiene una compresibilidad menor de un 40 por ciento a una presión de 1,24 kg/cm². En otras implementaciones, el medio filtrante tiene una compresibilidad menor de un 30 por ciento a una presión de 1,24 kg/cm²,

menor de un 20 por ciento a una presión de 1,24 kg/cm² y menor de un 10 por ciento a una presión de 1,24 kg/cm². Por tanto, se entenderá que el medio filtrante de la presente invención, al menos esa parte del medio más adecuada para la retirada de los PDC, típicamente tendrá una solidez relativamente baja, así como una compresibilidad relativamente baja (o rigidez alta).

5 Las estructuras de poro del medio proporcionan otras métricas mediante las cuales se pueden medir las propiedades del medio asociado con el secuestro de PDC. En general, es posible caracterizar las propiedades de un medio poroso en términos de parámetros tales como poro de flujo medio, poro de flujo modal y poro de flujo máximo. De acuerdo con las enseñanzas de la presente invención, es deseable en general tener al menos una parte del medio con poros de flujo medio pequeños, al tiempo que también tiene un poro de flujo máximo grande.

10 La proporción del tamaño de poro máximo con respecto al poro de flujo medio a menudo es al menos 2,5, opcionalmente al menos 5,0, y en algunas implementaciones mayor que 7,5. En determinados modos de realización, donde el poro de flujo medio es muy pequeño y el poro de flujo máximo es relativamente alto, esta proporción puede ser mayor que 10,0, y opcionalmente mayor que 12,5 o 15. Las altas proporciones del poro de flujo máximo con respecto al poro de flujo medio reflejan una distribución del tamaño de poro más amplia, que puede proporcionar una
15 reducción del ensuciamiento causado por los contaminantes de los PDC (y relacionados).

El medio también se puede seleccionar para que tenga una distribución favorable del tamaño de poro, como se mide por la proporción de los tamaños de poro en el percentil 15,9 con respecto a la observada en el percentil 50, que es la desviación estándar geométrica de una distribución log-normal (una distribución que es normal para el valor transformado del logaritmo). Si bien la distribución del tamaño de poro del medio no es necesariamente log-normal, la proporción se emplea aquí para aproximar la desviación estándar geométrica de la distribución del tamaño de poro. A menos que se indique de otro modo, la desviación estándar geométrica mencionada a continuación se referirá a la proporción definida anteriormente. La desviación estándar geométrica es análoga a la pendiente de la curva del diámetro de poro representada gráficamente frente al volumen de poro acumulado. Una desviación estándar geométrica de 1,0 da un tamaño de poro único, mientras que una desviación estándar geométrica mayor refleja una ampliación de la distribución del poro. Por tanto, una desviación estándar geométrica de 1,2 refleja una distribución estrecha, y una desviación estándar geométrica de 2,0 indica una distribución significativamente más amplia. Una desviación estándar geométrica de 2,5 es una distribución relativamente amplia. Una desviación estándar geométrica de 3,0 es una distribución muy amplia. En general, el material filtrante corriente arriba de la presente invención que contiene fibra del medio y fibra aglutinante tendrá una desviación estándar geométrica mayor que 2,0, más típicamente mayor que 3,0, y en algunas implementaciones mayor que 4,0.

Como se indica anteriormente, el medio filtrante hecho de acuerdo con la presente invención a menudo se compone de dos o más capas: un material filtrante corriente arriba (que contiene fibra del medio y fibra aglutinante, tal como fibra de vidrio y fibra bicomponente) se combina de manera deseable con un material filtrante corriente arriba abajo. Este material filtrante corriente abajo se selecciona, en general, para la retirada favorable de contaminantes
35 particulados. El material corriente abajo puede comprender, por ejemplo, fibra de celulosa.

De acuerdo con la presente invención el tamaño de poro modal de la parte corriente arriba es mayor que el tamaño de poro modal de la parte corriente abajo. El tamaño de poro modal de la parte corriente arriba (bicomponente/vidrio) es al menos un 40 por ciento mayor que el tamaño de poro modal de la parte corriente abajo (medio de celulosa). En otro modo de realización, el tamaño de poro modal de la parte corriente arriba es al menos un 40 por ciento mayor que el tamaño de poro modal de la parte corriente abajo; y el tamaño de poro de flujo medio de la parte corriente arriba es menor de un 90 por ciento del tamaño de flujo de poro medio de la parte corriente abajo. El tamaño de poro modal de la parte corriente arriba es mayor que el tamaño de poro modal de la parte corriente abajo. El tamaño de poro modal de la parte corriente arriba es al menos un 40 por ciento mayor o al menos un 60 por ciento mayor que el tamaño de poro modal de la parte corriente abajo. De acuerdo con la invención, el tamaño de poro de flujo medio de la parte corriente arriba es menor que el tamaño de flujo de poro medio de la parte corriente abajo. Por ejemplo, el tamaño de poro de flujo medio de la parte corriente arriba puede ser menor de un 70 por ciento o menor de un 50 por ciento del tamaño de flujo de poro medio de la parte corriente abajo.

Se apreciará que la parte corriente abajo puede contener fibra que tenga un diámetro promedio o sección transversal mayor que el diámetro promedio de la fibra del medio en la parte corriente arriba.

50 En toda esta memoria descriptiva se proporcionan descripciones de las propiedades de las diversas partes del medio filtrante. En particular, se describen propiedades del medio filtrante que tienen atributos específicos, tales como diámetro de la fibra, solidez, compresibilidad, poro de flujo medio, flujo de poro modal y poro máximo. Se entenderá que el medio fabricado de acuerdo con la presente invención a menudo mostrarán una variabilidad no intencionada en estas propiedades, tales como la variabilidad a lo largo del entramado del medio, así como una variabilidad no intencionada a lo largo del grosor o profundidad de una lámina del medio. Además, puede haber una variación intencionada de las propiedades del medio filtrante, tal como al proporcionar múltiples capas de medio con propiedades intencionadamente diferentes, o al proporcionar un medio con una construcción en gradiente de modo que las propiedades del medio cambien gradualmente a lo largo de la profundidad del medio.

El sumario anterior de la presente invención no pretende describir cada uno de los modos de realización de la presente invención analizados. Este es el propósito de las figuras y la descripción detallada que sigue.

Figuras

La invención se puede entender más completamente en relación con los siguientes dibujos, en los cuales:

- 5 La FIG. 1 es un diagrama esquemático de un sistema de combustible para un motor diésel.
- La FIG. 2A es una fotografía de un medio filtrante de la técnica anterior antes de la exposición al combustible diésel.
- La FIG. 2B es una fotografía de un medio filtrante de la técnica anterior después de la exposición al combustible diésel.
- 10 La FIG. 3 es un gráfico que muestra el rendimiento relativo de los elementos filtrantes fabricados de acuerdo con la presente invención en comparación con las configuraciones de filtro de la técnica anterior que se han sometido a pruebas exhaustivas en un motor diésel, que muestra millas conducidas con cada filtro antes de que fuera necesario reemplazarlo.
- 15 La FIG. 4 es un gráfico de la densidad del poro frente al diámetro para mostrar el tamaño de poro modal para un medio.
- La FIG. 5 es un gráfico de la distribución del tamaño de poro acumulativa para mostrar el tamaño de poro de flujo medio para un medio.
- La FIG. 6A es una vista esquemática en sección transversal de una construcción de un medio realizada de acuerdo con una implementación de la invención.
- 20 La FIG. 6B es una vista esquemática en sección transversal de una segunda construcción de un medio realizada de acuerdo con una implementación de la invención.
- La FIG. 6C es una vista esquemática en sección transversal de una tercera construcción de un medio realizada de acuerdo con una implementación de la invención.
- 25 La FIG. 6D es una vista esquemática en sección transversal de una cuarta construcción de un medio realizada de acuerdo con una implementación de la invención.
- La FIG. 7 es una representación esquemática de una sección transversal de una parte de una estructura de filtro de acuerdo con un modo de realización de la invención, que muestra tamaños de poro relativos.
- La FIG. 8 es un filtro de combustible multietapa de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.
- 30 La FIG. 9 es un gráfico de la densidad de poro frente al diámetro que compara medios soplados en estado fundido, de celulosa y de bicomponente-vidrio.
- La FIG. 10 es un gráfico de distribución del tamaño de poro acumulativa que compara medios soplados en estado fundido, de celulosa y de bicomponente-vidrio.
- La FIG. 11A muestra dos imágenes obtenidas mediante microscopio electrónico de barrido de un medio filtrante antes y después de la filtración de combustible, comprendiendo el medio filtrante un medio de bicomponente-vidrio.
- 35 La FIG. 11B muestra dos imágenes obtenidas mediante microscopio electrónico de barrido de un medio filtrante antes y después de la filtración de combustible, comprendiendo el medio filtrante un medio de celulosa situado corriente abajo del medio de bicomponente-vidrio.
- La FIG. 12 es un gráfico que muestra pruebas comparativas de la vida útil usando contaminantes de combustible generados en laboratorio.
- 40 La FIG. 13 es un gráfico que muestra pruebas comparativas de la vida útil de diversos medios filtrantes de la presente invención y la técnica anterior.

Aunque la invención es susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, detalles de la misma se han mostrado a modo de ejemplo y dibujos, y se describirán en detalle. Sin embargo, se debe entender que la invención no se limita a los modos de realización particulares descritos.

45 Descripción detallada

La presente invención se refiere, en parte, a medios filtrantes y elementos filtrantes para la retirada de material contaminante de una corriente de combustible líquido. Los elementos y medios filtrantes están configurados para la

retirada de contaminantes adicionales además de partículas duras, incluyendo estos contaminantes adicionales (por ejemplo) ceras, asfaltenos, glucósidos de esteroides, glucósidos de esterilo y productos de degradación del combustible, denominados conjuntamente productos de contaminación del combustible. Los elementos medios filtrantes permiten un rendimiento y longevidad mejorados del filtro.

5 Aunque los medios de filtración de combustible existentes, tales como medios soplados en estado fundido, pueden tener un rendimiento adecuado para retirar contaminantes de los combustibles líquidos, los medios soplados en estado fundido se pueden ensuciar prematuramente por la acumulación de contaminantes distintos de los particulados tradicionales. Este ensuciamiento prematuro parece ser en particular pronunciado en situaciones donde el combustible sufre ciclos repetidos de calentamiento y enfriamiento, tal como en los sistemas de carril común usados en muchos
10 motores diésel.

La FIG. 1 es un diagrama esquemático de un sistema de combustible de carril común para un motor diésel. En la FIG. 1, un depósito de combustible 100 está en comunicación fluida con una bomba de combustible 102 y un filtro de combustible 104. El combustible se bombea desde el depósito de combustible 100 a través del filtro 104, y a continuación a un carril común 106 que sirve como colector desde el cual se distribuye el combustible diésel a una pluralidad de inyectores 108. Parte del combustible pasa a través de los inyectores 108 a las cámaras de combustión, pero se permite que el exceso de combustible fluya de vuelta por medio de la línea de retorno 110 al depósito de combustible 100. El combustible que se devuelve al depósito de combustible típicamente se devuelve a una temperatura incrementada como resultado del desplazamiento hacia abajo por el carril común a través de partes del motor diésel caliente. El combustible se enfría al volver al depósito de combustible. De esta manera, partes del
15 combustible en el depósito se calientan y enfrían continuamente cada vez que el motor está funcionando.

Se cree que los ciclos repetidos de calentamiento y enfriamiento del combustible dan como resultado la producción de productos de degradación de combustible (PDC). Los PDC se pueden acumular rápidamente en los medios tradicionales de filtración de combustible, lo que da como resultado el ensuciamiento prematuro de los medios. Dicho ensuciamiento se puede producir, por ejemplo, en medios filtrantes de poliéster soplados en estado fundido, así como
20 en medios filtrantes de celulosa. El ensuciamiento se produce a medida que los PDC y potencialmente otros productos contaminantes del combustible (tales como diversas ceras, asfaltenos, glucósidos de esteroides, glucósidos de esterilo) se acumulan sobre los medios filtrantes, causando el taponamiento de los poros y un fallo prematura.

Las figuras 2A y 2B muestran un medio filtrante soplado en estado fundido de un filtro de combustible disponible comercialmente antes y después de un funcionamiento prolongado en un camión con un sistema de combustible diésel de carril común. Como se puede observar en la figura 2A, el medio filtrante soplado en estado fundido está limpio y libre de contaminantes. Sin embargo, después de su uso sobre el terreno, el material soplado en estado fundido está sustancialmente cubierto por una acumulación de material contaminante, como se muestra en la figura 2B. El resultado es que el filtro se taponó rápidamente, desarrollando una contrapresión inaceptablemente alta y tuvo que ser reemplazado. En el modo de realización sometido a prueba, el rendimiento del filtro fue significativamente inferior a un objetivo de 64.373,76 a 80.467,2 km (40.000 a 50.000 millas).
30

La presente invención supera las deficiencias de la técnica anterior proporcionando una construcción de un medio que retira los contaminantes de combustible de tal manera que se puede limitar su impacto en el rendimiento del filtro y la vida útil del filtro. En particular, la presente invención proporciona una o más capas o áreas de medio que secuestran eficazmente contaminantes tales como PDC, al tiempo que se construyen para evitar que se taponen prematuramente. Al secuestrar eficazmente los PDC, otros componentes dentro del filtro (incluyendo en algunos casos otras capas dentro de un medio de múltiples capas) evitan el taponamiento prematuro. El resultado es una vida útil más prolongada, un mejor rendimiento del medio filtrante y el elemento filtrante.
35

En un modo de realización de la invención de ejemplo, el medio filtrante comprende fibras de vidrio y bicomponente de poliéster unidas térmicamente laminadas en el lado corriente arriba del medio de celulosa, desempeñando también la celulosa un doble papel como filtro de partículas duras y soporte para el vidrio unido térmicamente. El medio de vidrio y bicomponente de poliéster funciona para retirar los PDC de tal manera que se retiren los PDC al tiempo que se evita el taponamiento prematuro de la capa de celulosa. Este rendimiento mejorado se logra, en parte, seleccionando la mezcla de fibras de vidrio y bicomponente de modo que el medio tenga una solidez relativamente baja, al tiempo que mantiene una compresibilidad relativamente baja. Además, las fibras de vidrio, que son relativamente finas y típicamente en altas concentraciones, dan como resultado un medio que tiene tamaños de poro de flujo medio pequeños, pero también típicamente tamaños de poro máximos relativamente altos. El uso de un medio que tiene una solidez relativamente baja y una compresibilidad baja, al tiempo que tiene un tamaño de poro de flujo medio pequeño pero un tamaño de poro de flujo máximo alto, da como resultado una construcción de un medio que retira eficazmente los compuestos de PDC sin un taponamiento prematuro.
40

La FIG. 3 es un gráfico que muestra un rendimiento relativo de ejemplo de elementos filtrantes fabricados de acuerdo con la presente invención en comparación con configuraciones de filtro de la técnica anterior. Como se muestra en la figura 3, el medio fabricado con una primera región de fibras de vidrio unidas térmicamente con fibras bicomponente, superponiendo una segunda región de filtro de fibras de celulosa tuvo un rendimiento significativamente mejor en porcentaje que el elemento filtrante disponible comercialmente de la técnica anterior de ejemplo construido usando un medio filtrante de poliéster soplado en estado fundido. Se entenderá que el medio mejorado de la presente invención
45
50
55
60

mostrará diferentes mejoras de rendimiento con respecto a la técnica anterior dependiendo de diversos factores, que incluyen la naturaleza y el alcance de cualquier PDC presente en el suministro de combustible, que se observa por la variación en los resultados entre los cuatro camiones representados. Sin embargo, se apreciará que, en general, el medio filtrante de la presente invención tiene un rendimiento mayor que los medios soplados en estado fundido de la técnica anterior cuando se exponen a combustible diésel en el que se cree que están presentes PDC.

Ahora se describirán con más detalle materiales y configuraciones de medios y elementos filtrantes, incluyendo un análisis de los medios para retirar productos contaminantes del combustible (especialmente PDC), seguido de un análisis de diversas configuraciones de medios que tienen capas o áreas adicionales de medios para retirar tanto los contaminantes de PDC como los contaminantes tradicionales, un análisis de las configuraciones de los elementos filtrantes y un análisis de los resultados experimentales.

A. Medios para la retirada de productos de contaminación del combustible (incluyendo productos de degradación del combustible)

La presente invención se refiere en parte a diversas construcciones de filtro que permiten la retirada de contaminantes tales como productos de degradación del combustible, y en algunas implementaciones contaminantes adicionales tales como ceras, asfaltenos, glucósidos de esteroides y glucósidos de esterilo. Dichas construcciones de filtro pueden contener una o más capas o áreas de medio filtrante que contienen una mezcla de dos (o más) tipos de fibras: (1) una fibra del medio y (2) una fibra aglutinante. Estas capas o áreas del medio pueden comprender fibras de vidrio y poliméricas unidas térmicamente como se describe, por ejemplo, en la publicación de EE. UU. n.º 2007/0039300, presentada el 1 de noviembre de 2006.

Fibra del medio

La fibra del medio es esa fibra que proporciona propiedades de filtración principal al medio, tales como tamaño de poro controlable, permeabilidad y eficacia. La fibra del medio usada de acuerdo con la invención puede ser, por ejemplo, fibra de vidrio, fibra de carbono, fibras cerámicas, poliéster o celulosa. Se puede usar una proporción sustancial de fibra de vidrio en una implementación de ejemplo del medio de la invención. La fibra de vidrio proporciona control del tamaño de poro y coopera con las otras fibras en el medio para obtener un medio de caudal sustancial, alta capacidad, eficacia sustancial y alta resistencia a la humedad.

El término "fuente" de fibra de vidrio significa una composición de fibra de vidrio caracterizada por un diámetro promedio y proporción de aspecto que se pone a disposición como una materia prima distinta. La fibra del medio adecuada comprende una fibra de vidrio usada en el medio de la presente invención que incluye tipos de vidrio conocidos por las designaciones: A, C, D, E, boro cero E, ECR, AR, R, S, S-2, N y similares, y, en general, cualquier vidrio que se pueda convertir en fibras mediante procesos de extracción usados para la fabricación de fibras de refuerzo o bien mediante procesos de hilatura usados para fabricar fibras de aislamiento térmico. Dicha fibra se usa típicamente como un diámetro de aproximadamente 0,1 a 10 micrómetros y una proporción de aspecto (longitud dividida entre el diámetro) de aproximadamente 10 a 10.000. Estas fibras disponibles comercialmente tienen un dimensionamiento característico con un revestimiento de apresto. En general, las fibras de vidrio adecuadas deben tener un diámetro promedio menor de 15 micrómetros, más deseablemente menor de 10 micrómetros, y preferiblemente menor de 5 micrómetros. Las fuentes comerciales para materiales de vidrio adecuados incluyen las siguientes: Lauscha International, Evanite, Johns Manville, Owen Corning y otras.

Además de las fibras de vidrio, una fibra alternativa adecuada en algunas implementaciones para la fibra del medio comprende fibras de carbono.

En general, las fibras de carbono adecuadas deben tener un diámetro promedio menor de 25 micrómetros, más deseablemente menor de 15 micrómetros, y preferiblemente menor de 10 micrómetros. Las fuentes comerciales para materiales de carbono adecuados incluyen las siguientes: Unitika, Kynol y otras. En modos de realización, los medios filtrantes útiles en los paquetes de medios filtrantes de la invención contienen fibras de vidrio en una cantidad correspondiente a aproximadamente un 10 % a un 90 % en peso de los sólidos totales en el medio filtrante, o aproximadamente un 20 a un 80 % en peso de sólidos totales en el medio filtrante, o aproximadamente un 25 % a un 75 % en peso de los sólidos totales en el medio filtrante, o aproximadamente un 50 % en peso de los sólidos totales en el medio filtrante. En algunos modos de realización, se emplea una combinación de más de una fuente de fibra de vidrio, en los que la combinación de más de una fuente de fibra de vidrio se emplea para formar el porcentaje en peso total de fibra de vidrio en el medio filtrante. En algunos de dichos modos de realización, la combinación de fuentes de fibra de vidrio se selecciona para controlar la permeabilidad del medio filtrante. Por ejemplo, en algunos modos de realización, combinar fibras de vidrio de más de una fuente de fibra de vidrio que tiene un diámetro de fibra promedio de aproximadamente 0,3 a 0,5 micrómetros, fibra de vidrio que tiene un diámetro de fibra promedio de aproximadamente 1 a 2 micrómetros, fibra de vidrio que tiene un diámetro de fibra promedio de aproximadamente 3 a 6 micrómetros, fibra de vidrio con un diámetro de fibra de aproximadamente 6 a 10 micrómetros, y fibra de vidrio con un diámetro de fibra de aproximadamente 10 a 100 micrómetros en proporciones variables, que incluye combinaciones de dos o más de las mismas, incrementa la permeabilidad del paquete del medio filtrante. En algunos de dichos modos de realización, las combinaciones de fibra de vidrio se seleccionan para impartir un tamaño de poro controlado, lo que da como resultado una permeabilidad definida, a un medio filtrante.

Fibra aglutinante

La fibra aglutinante proporciona soporte para la fibra del medio y añade manejo, resistencia y resistencia a la compresión mejoradas a la fibra del medio. En determinadas implementaciones, la fibra aglutinante proporciona una procesabilidad mejorada durante la formulación de la pasta, la formación de láminas o capas, y el procesamiento corriente abajo, incluido el ajuste del espesor, el secado, el corte y la formación del elemento filtrante).

La fibra aglutinante puede ser, por ejemplo, una fibra bicomponente. Como se usa en el presente documento, "fibra bicomponente" significa una fibra formada a partir de un material termoplástico que tiene al menos una parte de fibra con un punto de fusión y una segunda parte termoplástica con un punto de fusión menor. La configuración física de estas partes de fibra está típicamente en una estructura paralela o de envoltura y núcleo. En una estructura yuxtapuesta, las dos resinas se extruyen típicamente en una forma conectada en una estructura paralela. Otras morfologías útiles incluyen fibras bicomponente lobuladas, en las que las puntas de las fibras tienen lóbulos que se forman a partir de un polímero con un punto de fusión menor que el resto de la fibra.

El uso de la fibra bicomponente permite la formación de una capa del medio o elemento filtrante que se puede formar sin aglutinante de resina separado o con cantidades mínimas de un aglutinante de resina que reduce sustancialmente o evita la formación de película a partir de la resina aglutinante y también evita falta de uniformidad en el medio o elementos debido a la migración de la resina a una localización particular de la capa del medio. El uso de la fibra bicomponente puede permitir una compresión reducida, una solidez mejorada y una resistencia incrementada a la tracción en el medio filtrante y mejora la utilización de la fibra del medio tal como una fibra de vidrio y otros materiales de fibra submicrométricos que se añaden a la capa del medio o al elemento filtrante.

Las fibras del medio y las fibras aglutinantes se combinan en diversas proporciones para formar un material de alta resistencia que tiene una capacidad de filtración, permeabilidad y vida útil de filtración sustanciales. Dicho medio se puede fabricar con fibras secundarias opcionales y otros materiales aditivos. Estos componentes se combinan para formar un material de alta resistencia que tiene una capacidad de flujo sustancial, permeabilidad y alta resistencia.

Diversas combinaciones de polímeros para la fibra bicomponente pueden ser útiles en la presente invención, pero es importante que el primer componente de polímero se funda a una temperatura menor que la temperatura de fusión del segundo componente de polímero y típicamente por debajo de 205 °C. Además, las fibras bicomponente se mezclan típicamente de manera integral y se dispersan uniformemente con las fibras del medio, tal como fibras de vidrio. La fusión del primer componente de polímero de la fibra bicomponente es necesaria para permitir que las fibras bicomponente formen una estructura pegajosa a modo de esqueleto que, al enfriarse, captura y une muchas de las fibras del medio, así como también se une a otras fibras bicomponente. En la estructura de envoltura y núcleo, el termoplástico de punto de fusión bajo (por ejemplo, aproximadamente 80 a 205 °C) se extruye típicamente alrededor de una fibra del material con punto de fusión mayor (por ejemplo, aproximadamente 120 a 260 °C).

En uso, las fibras bicomponente tienen típicamente un diámetro de fibra de aproximadamente 5 a 50 micrómetros, a menudo aproximadamente 10 a 20 micrómetros, y típicamente en una forma de fibra, en general, tienen una longitud de 0,1 a 20 milímetros o a menudo tienen una longitud de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 15 milímetros. Dichas fibras pueden estar fabricadas de una variedad de materiales termoplásticos que incluyen poliolefinas (tales como polietilenos, polipropilenos), poliésteres (tales como tereftalato de polietileno, tereftalato de polibutileno, tereftalato de policiclohexilendimetileno), náilon, incluyendo nailon 6, nailon 6,6, nailon 6,12, etc.

Las fibras bicomponente son útiles en la formación de medios de filtración permeables mecánicamente estables, pero resistentes, que pueden soportar la tensión mecánica del paso de aire cargado de residuos a alta velocidad y pueden mantener la carga de residuos durante el uso, así como soportar ciclos repetidos de lavado y secado entre cargas. Las fibras bicomponente útiles en los conjuntos de filtro de la invención son de una morfología de núcleo/carcasa (o envoltura), morfología paralela, morfología de islas en el mar o morfología lobulada. Las fibras bicomponente están compuestas de al menos dos materiales termoplásticos que tienen puntos de fusión diferentes. En algunos modos de realización, los polímeros termoplásticos útiles para formar el núcleo o bien la envoltura de las fibras bicomponente útiles en medios filtrantes de la presente invención incluyen poliolefinas tales como polietileno, polipropileno, polibutileno, poli- α -octeno y copolímeros de los mismos que incluyen baja densidad lineal, baja densidad, alta densidad, ultra alta densidad y otras designaciones morfológicas y compositivas; politetrahaloetilenos tales como politetrafluoroetileno y policlorotrifluoroetileno; poliésteres tales como tereftalato de polietileno, tereftalato de polibutileno o naftalato de polietileno; poli(acetato de vinilo), poli(alcohol vinílico) y copolímeros de los mismos; poli(haluros de vinilo) tales como poli(cloruro de vinilo), poli(haluros de vinilideno) tales como poli(cloruro de vinilideno), poli(fluoruro de vinilideno) y similares y copolímeros de los mismos; poliacetales tales como poli(butiral de vinilo), resinas acrílicas (poliacrilatos) tales como ésteres de polimetilacrilato y ésteres de polimetilmetacrilato y copolímeros de los mismos, incluyendo copolímeros de ácido acrílico y sales de los mismos; poliamidas tales como nailon 6, nailon 66, nailon 6,10, nailon 46 y similares y copolímeros de los mismos; poliésteres y copolímeros del mismo; poliuretanos; poliureas resinas celulósicas, a saber, nitrato de celulosa, acetato de celulosa, butirato de acetato de celulosa, etilcelulosa y similares; copolímeros de cualquiera de los materiales anteriores, tales como copolímeros de etileno-acetato de vinilo, copolímeros de etileno-ácido acrílico, copolímeros de bloque de estireno-butadieno, cauchos KRATON® y similares. En modos de realización, se emplea una fibra bicomponente de envoltura/núcleo de poliolefina/poliéster con la que la envoltura de poliolefina se funde a una temperatura menor que el núcleo de poliéster.

En otros modos de realización, dos poliolefinas, o dos poliésteres, dos poli(haluros de vinilo), dos poli(haluros de vinilideno), dos polímeros de poliamida, o cualesquiera otros dos polímeros que sean químicamente similares o idénticos se emplean como núcleo y envoltura, en los cuales la composición (por ejemplo, la mezcla de la composición monomérica particular usada para sintetizar el polímero, o el bloque de la concentración de monómero en un copolímero), el peso molecular o las diferencias morfológicas tales como el grado de ramificación o el grado de cristalización de la cadena lateral y similares proporcionan materiales poliméricos con fusión o ablandamiento menores y mayores.

En algunos modos de realización, el componente con punto de fusión menor de las fibras bicomponente se emplea como envoltura en una morfología de núcleo/envoltura (o cáscara en una morfología de núcleo/cáscara), como los lóbulos en una morfología lobulada, como las "islas" en una morfología de islas en el mar, o como un lado de una morfología paralela. El componente con un punto de fusión menor proporciona una capacidad de fusión en estado fundido al paquete del medio filtrante formado, en el que los entramados no tejidos con deposición en húmedo o con deposición al aire se calientan a una temperatura por encima del punto de fusión o temperatura de transición vítrea del componente con un punto fusión menor y por debajo del punto de fusión o temperatura de transición vítrea del componente con un punto fusión mayor. En modos de realización, la fusión en estado fundido se logra cuando los componentes de fibra fundida o ablandada entran en contacto con otras fibras bicomponente, así como con cualquier otra fibra y aditivos dentro del paquete del medio filtrante depositado en húmedo o depositado al aire. En dichos modos de realización, cuando la temperatura se reduce posteriormente a la temperatura de uso final prevista o por debajo de ella, las fibras bicomponente se han fundido en estado fundido al menos parcialmente en virtud de la envoltura (o lóbulo o lado), al tiempo que conservan sustancialmente las características no tejidas de expansión, permeabilidad, porosidad, peso base, grosor y similares impartidas por el proceso de deposición al aire o deposición en húmedo empleado para formar el medio. Estas características no tejidas se conservan en virtud del núcleo o lado con punto de fusión mayor de la fibra bicomponente que conserva su morfología fibrosa durante la fusión en estado fundido. Además, la fibra bicomponente fundida en estado fundido imparte propiedades deseables, que incluyen compresión reducida y resistencia incrementada a la tracción; la fibra bicomponente fundida en estado fundido mejora además la utilización y retención de fibra de vidrio y otras fibras secundarias y/o materiales aditivos en el medio filtrante o conjuntos de filtro de la invención.

En algunos modos de realización, fibras bicomponente de núcleo/envoltura conocidas como Advansa 271P disponibles de E.I. Dupont Nemours, Wilmington DE son útiles en la formación medios filtrantes de alta expansión y baja expansión útiles en los conjuntos de filtro de la invención. Otras fibras bicomponente útiles incluyen la serie T-200 de fibras de núcleo/envoltura concéntricas disponibles de Fiber Innovation Technology, Inc. de Johnson City, TN; Kuraray N720, disponible de Engineered Fibers Technology, LLC de Shelton, CT; Nichimen 4080, disponible de Nichimen America Inc. de Nueva York, NY; y materiales similares. Todas estas fibras demuestran las características de la fusión en estado fundido como se describe anteriormente.

En un modo de realización de la invención, un medio filtrante útil en un paquete del medio invención incluye aproximadamente un 50 % en peso de fibra bicomponente Advansa 271P (disponible de E.I. Dupont Nemours, Wilmington DE) y aproximadamente un 50 % en peso de la microfibras de vidrio Lauscha B50 (disponible de Lauscha Fiber Intl. de Summerville, SC). El medio se forma mediante un proceso de tipo de deposición en húmedo o de fabricación de papel para dar como resultado un medio que tiene un peso base de aproximadamente 60 g/m² a 70 g/m², un grosor de capa de 0,5 mm a 0,65 mm a 0,125 psi, una compresibilidad de un 15 % a un 20 % entre 0,125 psi y 1,5 psi, una permeabilidad de 50 m/min a 60 m/min, y una solidez de un 6-7 % a 0,125 psi.

Propiedades del medio

Las propiedades de rendimiento del medio filtrante se ven afectadas significativamente por los atributos de control relacionados con el tamaño de la fibra, estructura del poro, la solidez, y la compresibilidad del medio filtrante. En general, el uso de un medio que tiene una solidez relativamente baja y una compresibilidad baja, al tiempo que tiene un tamaño de poro de flujo medio pequeño pero un tamaño de poro de flujo máximo grande, da como resultado una construcción de un medio de ejemplo que puede retirar compuestos de PDC sin taponamiento prematuro.

En general, la fibra del medio tiene un diámetro mucho más pequeño que la fibra aglutinante. En modos de realización de ejemplo, la fibra del medio tiene un diámetro promedio menor de 5 micrómetros, mientras que la fibra aglutinante tiene un diámetro promedio mayor de 5 micrómetros. Más típicamente, la fibra del medio tendrá un diámetro promedio de 0,1 a 20 micrómetros, y opcionalmente de 0,1 a 15 micrómetros. En algunas implementaciones, la fibra del medio tendrá un diámetro promedio de 0,4 a 12 micrómetros, y en algunas implementaciones de 0,4 a 6,5 micrómetros. Las fibras del medio con un diámetro promedio menor de 10 micrómetros, menor de 7,5 micrómetros, menor de 6,5 micrómetros y menor de 5 micrómetros son a menudo deseables. La fibra aglutinante tendrá típicamente un diámetro de 5 a 40 micrómetros, más típicamente de 7 a 20 micrómetros, y, a menudo de 10 a 14 micrómetros. Se indica que el diámetro tanto de las fibras del medio como de las fibras aglutinantes puede ser variable. En algunos casos, los diámetros de las fibras variarán a lo largo de sus longitudes, mientras que más comúnmente se incorporarán fibras de diferentes diámetros. Se entenderá que, como se usa en el presente documento, los diámetros de las fibras se basan en diámetros promedio de las fibras para las fibras presentes en el medio.

Otra característica del medio filtrante fabricado de acuerdo con la presente invención, y en particular esa parte del medio asociada con el secuestro de PDC (y productos contaminantes del combustible relacionados), es que tiene típicamente un nivel de solidez relativamente bajo. Como se usa en el presente documento, la solidez es el volumen de fibra sólida dividido entre el volumen total del medio filtrante en cuestión, normalmente expresado como un porcentaje. En una implementación típica, la solidez del medio filtrante asociado con el secuestro de PDC es menor de un 15 por ciento, más típicamente menor de un 12 por ciento y con mayor frecuencia menor de un 10 por ciento. En determinados modos de realización, la solidez es menor de un 9 por ciento, menor de un 8 por ciento o menor de un 7 por ciento.

Una característica adicional del medio filtrante hecho de acuerdo con la presente invención es que es relativamente incompresible, especialmente con respecto a la solidez del medio. La compresibilidad es la resistencia (es decir) a la compresión o deformación en el sentido del flujo de fluido a través del medio. Una prueba adecuada para la compresión del medio es una prueba de fuerza de compresión frente a distancia, en la que un apilamiento de medios se comprime bajo una carga para determinar el porcentaje de compresión. Un ejemplo de dicha prueba es como sigue: Se utilizan una sonda de 2,54 centímetros de diámetro y una celda de carga de 5 kg para comprimir un apilamiento de medios que tiene un grosor total de 25 mm. La prueba se realiza a una velocidad de 1 mm/s, con una distancia de inicio de 30 mm desde la parte inferior y un activador de datos de 0,5 g. El objetivo de fuerza final es de 4800 g. El tamaño de la muestra de medios puede ser un círculo de 2,22 centímetros de diámetro, orientado con muestras de medios para formar un apilamiento directamente debajo de la sonda de prueba. La presión sobre los medios en dichas implementaciones es de aproximadamente 1,24 kg/cm². El número de muestras apiladas usadas debería ser suficiente para tener un grosor total de 25 mm; por tanto, el número total de muestras variará dependiendo del grosor individual del material del medio sometido a prueba. Los datos se analizan en términos de la siguiente ecuación:

$$\text{porcentaje de compresión} = x/t_1$$

en la que t_1 = grosor desde la parte inferior de las muestras apiladas cuando la fuerza = 0,5 gramos, y t_2 = grosor desde la parte inferior de las muestras apiladas cuando la fuerza = 4800 g, con x igual a la distancia recorrida por la sonda durante la prueba, que es la distancia t_1-t_2 . Los instrumentos adecuados para realizar esta prueba incluyen, por ejemplo, un analizador de textura TA.XT2i de Stable Micro Systems que utiliza el programa informático Texture Expert Exceed versión 2.64.

La resistencia a la compresión debe ser suficiente para mantener el grosor de un material y de este modo mantener su estructura de poro y flujo de filtración y el rendimiento de retirada de partículas. La compresibilidad típica de los materiales fabricados por la invención es como sigue: En un primer modo de realización de ejemplo, el medio filtrante que contiene la fibra aglutinante y la fibra del medio tiene una compresibilidad menor de un 40 por ciento a una presión de 1,24 kg/cm². En otras implementaciones, el medio filtrante tiene una compresibilidad menor de un 30 por ciento a una presión de 1,24 kg/cm², menor de un 20 por ciento a una presión de 1,24 kg/cm² y menor de un 10 por ciento a una presión de 1,24 kg/cm². Además, la compresibilidad del medio dividida entre el porcentaje de solidez a menudo es menor de 4, frecuentemente menor de 3, puede ser menor de 2 y en algunas implementaciones es menor de 1. Por ejemplo, en una implementación donde la compresibilidad es de un 20 por ciento y la solidez es de un 10 por ciento, este número es 2,0.

Otras métricas mediante las cuales se describen las propiedades de los medios asociados el secuestro de PDC (y opcionalmente otros productos de contaminantes del combustible similares) se refieren a las estructuras de poro de los medios. En general, es posible caracterizar las propiedades de un medio poroso en términos de parámetros tales como poro de flujo medio, poro de flujo modal y poro de flujo máximo. El "tamaño de poro modal" es el tamaño de poro más frecuente en un material. La FIG. 4 muestra la distribución de la densidad de tamaño de poro de flujo de un material de medio de ejemplo fabricado de acuerdo con la presente invención. El "tamaño de poro modal" (indicado por la flecha) se muestra como el pico más alto de la curva. El "tamaño de poro medio" es el tamaño promedio de los poros en el material, y el "tamaño de poro de flujo acumulado" es una medida del porcentaje total de flujo que pasa a través del medio en función del diámetro de poro, determinado usando como instrumento un porómetro de flujo capilar. El "tamaño de poro de flujo medio" se define como el tamaño de poro donde un 50 % del flujo acumulado pasa a través del medio. La "porosidad" se define como la cantidad de espacio vacío en un material. La FIG. 5 muestra la distribución acumulativa del tamaño de poro de flujo. El "tamaño de poro de flujo medio" (indicado por la flecha) es el punto en el que la curva interseca a un 50 % en el eje y.

Con respecto al tamaño de poro, la parte del medio filtrante principalmente responsable de la retirada de los PDC y los contaminantes relacionados tendrá típicamente un tamaño de poro de flujo medio de 5 a 20 micrómetros, o de 5 a 10 micrómetros. Los tamaños de poro de flujo medio adecuados incluyen menos de 20 micrómetros, menos de 15 micrómetros y menos de 10 micrómetros. La parte del medio filtrante principalmente responsable de la retirada de los PDC y los contaminantes relacionados típicamente tendrá un tamaño de poro de flujo modal de 10 a 50 micrómetros, de 20 a 40 micrómetros, o de 25 a 35 micrómetros. Los tamaños de poro de flujo modal adecuados incluyen, por ejemplo, más de 10, más de 15, más de 20 y más de 25 micrómetros. Con respecto al tamaño de poro de flujo máximo, la parte del medio filtrante principalmente responsable de la retirada de los PDC y los contaminantes relacionados a menudo tendrá un tamaño de poro de flujo máximo mayor que el de los medios de celulosa o sopladados en estado fundido. Los tamaños de poro de flujo máximo adecuados incluyen más de 10 micrómetros, preferentemente, más de

20 micrómetros, y en algunas implementaciones más de 30 micrómetros. En implementaciones de ejemplo, el tamaño de poro de flujo máximo es de 20 a 50 micrómetros, o de 25 a 45 micrómetros.

5 El tamaño de poro modal es mayor en la parte corriente arriba que en la parte corriente abajo del medio filtrante, y el tamaño de poro medio (o promedio) es más pequeño en la parte corriente arriba que en la parte corriente abajo. De acuerdo con las enseñanzas de la presente invención, es deseable en general tener al menos una parte del medio con poros de flujo medio pequeños, al tiempo que también tiene un poro de flujo máximo grande. La proporción del tamaño de poro máximo con respecto al poro de flujo medio a menudo es al menos 2,5, opcionalmente al menos 5,0, y en algunas implementaciones mayor que 7,5. En determinados modos de realización, donde el poro de flujo medio es muy pequeño y el poro de flujo máximo relativamente alto, esta proporción puede ser mayor que 10, y
10 opcionalmente mayor que 12,5 o 15. Los números altos reflejan una distribución del tamaño de partícula más amplia, que puede proporcionar una retirada mejorada de contaminantes de PDC (y relacionados).

Resinas y fibras adicionales

15 Las resinas aglutinantes se pueden usar para ayudar a unir la fibra del medio, y opcionalmente la fibra del aglutinante, en una capa del medio mecánicamente estable. Dichos materiales de resina aglutinante termoplástica se pueden usar como un polvo seco o un sistema de disolvente, pero típicamente son dispersiones acuosas de resinas termoplásticas de vinilo. No es necesario un componente aglutinante resinoso para obtener la resistencia adecuada para los medios de la presente invención, pero se puede usar.

20 Las resinas incluyen materiales de acetato de vinilo, resinas de cloruro de vinilo, resinas de poli(alcohol vinílico), resinas de poli(acetato de vinilo), resinas de poli(acetato de vinilo), resinas acrílicas, resinas metacrílicas, resinas de poliamida, resinas de copolímero de etileno y poli(acetato de vinilo), resinas termoendurecibles tales como urea fenol, urea formaldehído, melamina, resina epoxídica, poliuretano, resinas de poliéster insaturadas endurecibles, resinas poliaromáticas, resinas de resorcinol y resinas elastoméricas similares.

25 Los materiales adecuados para el polímero aglutinante soluble o dispersable en agua son resinas termoestables solubles en agua o dispersables en agua tales como resinas acrílicas, resinas metacrílicas, resinas de poliamida, resinas epoxídicas, resinas fenólicas, poliureas, poliuretanos, resinas de melamina-formaldehído, poliésteres y resinas alquídicas, en general, y específicamente, resinas acrílicas, resinas metacrílicas y resinas de poliamida solubles en agua. Dichos aglutinantes líquidos son típicamente dispersiones de plaquetas que recubren la fibra y promueven la adherencia de fibra a fibra en la matriz no tejida final. Se añade suficiente resina a la pasta para cubrir completamente la fibra sin provocar una película sobre los poros formados en la lámina, el medio o el material filtrante. La resina se
30 puede añadir a la pasta o se puede aplicar al medio después de la formación.

35 Un aglutinante de látex usado para unir entre sí el entramado tridimensional no tejido de fibra en cada capa no tejida, o usado como adhesivo adicional, se puede seleccionar de diversos adhesivos de látex conocidos en la técnica. El experto en la técnica puede seleccionar el adhesivo de látex particular dependiendo del tipo de fibras celulósicas que se van a unir. El adhesivo de látex se puede aplicar mediante técnicas conocidas tales como pulverización o formación de espuma. En general, se usan adhesivos de látex que tienen de un 15 a un 25 % de sólidos. La dispersión se puede hacer dispersando las fibras y a continuación añadiendo el material aglutinante o dispersando el material aglutinante y a continuación añadiendo las fibras. La dispersión se puede hacer, también, combinando una dispersión de fibras con una dispersión del material aglutinante. La concentración de fibras totales en la dispersión puede variar de un 0,01 a un 5 o de un 0,005 a un 2 por ciento en peso en base al peso total de la dispersión. La concentración de material aglutinante en la dispersión puede variar de un 10 a un 50 por ciento en peso en base al peso total de las fibras.
40

45 La capa del medio para la retirada de los PDC y los productos contaminantes del combustible similares pueden contener fibras secundarias fabricadas a partir de una serie de fibras hidrófilas, hidrófobas, oleófilas, y oleófobas. Estas fibras cooperan con la fibra de vidrio y la fibra bicomponente para formar un medio de filtración permeable mecánicamente estable, pero resistente, que puede soportar la tensión mecánica del paso de materiales fluidos y puede mantener la carga de material particulado durante el uso. Las fibras secundarias son típicamente fibras monocomponente con un diámetro que puede variar de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 50 micrómetros y pueden estar fabricadas de una variedad de materiales. Un tipo de fibra secundaria es una fibra aglutinante que coopera con otros componentes para unir los materiales en una lámina. Otro tipo de fibra secundaria es una fibra estructural que coopera con otros componentes para incrementar la resistencia a la tracción y al estallido de los
50 materiales en condiciones secas y húmedas. Además, la fibra aglutinante puede incluir fibras hechas de polímeros tales como poli(cloruro de vinilo) y poli(alcohol vinílico). Las fibras secundarias también pueden incluir fibras inorgánicas tales como fibra de carbono/grafito, fibra metálica, fibra cerámica y combinaciones de las mismas.

55 Las fibras termoplásticas secundarias incluyen, pero no se limitan a, fibras de poliéster, fibras de poliamida, fibras de polipropileno, fibras de copolietéster, fibras de tereftalato de polietileno, fibras de tereftalato de polibutileno, poliétercetonacetona (PEKK), fibras de polieteretercetonona (PEEK), fibras de polímero cristalino líquido (LCP) y mezclas de las mismas. Las fibras de poliamida incluyen, pero no se limitan a, nailon 6, 66, 11, 12, 612 y "náilon" de alta temperatura (tal como el nailon 46) que incluyen fibras celulósicas, poli(acetato de vinilo), fibras de poli(alcohol vinílico) (que incluyen diversas hidrólisis de poli(alcohol vinílico)) como un 88 % de polímeros hidrolizados, un 95 % de hidrolizados, un 98 % de hidrolizados y un 99,5 % de hidrolizados), algodón, rayón viscosa, termoplástico tal como

poliéster, polipropileno, polietileno, etc., poli(acetato de vinilo), poli(ácido láctico) y otros tipos de fibras comunes. Las fibras termoplásticas son, en general, fibras finas (aproximadamente 0, 5-20 denier de diámetro), cortas (aproximadamente 0,1-5 cm de longitud), cortadas, que posiblemente contienen aditivos convencionales previos a la formulación, tales como antioxidantes, estabilizantes, lubricantes, endurecedores, etc. Además, las fibras termoplásticas se pueden tratar en la superficie con un agente dispersante. Las fibras termoplásticas preferentes son fibras de poliamida y tereftalato de polietileno, siendo las más preferentes las fibras de tereftalato de polietileno.

Producción del medio filtrante

En la fabricación del medio filtrante de la invención, en determinados modos de realización se forma una estera de fibra usando el procesamiento en húmedo o bien en seco. La estera se calienta para fundir materiales termoplásticos para formar el medio adhiriendo internamente las fibras. La fibra bicomponente usado en el medio de la invención permite que la fibra se funda en un medio mecánicamente estable. La fibra bicomponente que tiene una envoltura exterior de unión térmica hace que la fibra bicomponente se una con otras fibras en la capa del medio.

La capa o capas del medio para el secuestro de PDC y productos contaminantes del combustible similares se fabrican típicamente usando procesos de fabricación de papel. Sin embargo, el medio se puede fabricar mediante procesos con deposición al aire que usan componentes similares adaptados para el procesamiento con deposición al aire. Las máquinas usadas en la fabricación de láminas por deposición en húmedo incluyen equipos de láminas de deposición manual, máquinas de fabricación de papel Fourdrinier, máquinas de fabricación de papel cilíndricas, máquinas de fabricación de papel inclinadas, máquinas de fabricación de papel de combinación y otras máquinas que pueden tomar un papel mezclado adecuadamente, formar una capa o capas de los componentes de la pasta, y retirar los componentes acuosos fluidos para formar una lámina húmeda.

En el procesamiento de deposición en húmedo de ejemplo, el medio se fabrica a partir de una pasta acuosa que comprende una dispersión de material fibroso en un medio acuoso. El líquido acuoso de la dispersión es, en general, agua, pero puede incluir otros diversos materiales tales como materiales de ajuste de pH, tensioactivos, antiespumantes, retardantes de la llama, modificadores de viscosidad, tratamientos de medios, colorantes y similares. El líquido acuoso normalmente se drena de la dispersión realizando la dispersión sobre un tamiz u otro soporte perforado que retiene los sólidos dispersos y haciendo pasar el líquido para proporcionar una composición de papel húmeda. La composición húmeda, una vez formada sobre el soporte, normalmente se deshidrata más mediante vacío u otras fuerzas de presión y se seca aún más evaporando el líquido restante. Después de que se retira el líquido, la unión térmica tiene lugar típicamente fundiendo alguna parte de la fibra termoplástica, resina u otra parte del material formado. El material fundido une el componente en una capa.

Una suspensión de fibras que contiene los materiales se mezcla típicamente para formar una suspensión de fibras relativamente uniforme. La suspensión de fibras se somete a continuación a un proceso de fabricación de papel con deposición en húmedo. Una vez que se forma la suspensión en una lámina depositada en húmedo, la lámina depositada en húmedo se puede secar, endurecer o procesar de otro modo para formar una lámina, medio o filtro permeable seco, pero real. Una vez suficientemente secas y procesadas en medios de filtración, las láminas tienen típicamente un grosor de aproximadamente 0,25 a 1,9 milímetros, con un peso base de aproximadamente 20 a 200 o de 30 a 150 g-m². Para un proceso a escala comercial, las esteras bicomponente de la invención se procesan, en general, a través del uso de máquinas de fabricación de papel tales como Fourdrinier, cilindro de alambre, Stevens Former, Roto Former, Inver Former, Venti Former y Delta Former inclinadas disponibles comercialmente.

En algunas implementaciones se utiliza una máquina Delta Former inclinada. Una estera bicomponente de la invención se puede preparar formando suspensiones de pulpa y fibra de vidrio y combinando las suspensiones en depósitos de mezcla, por ejemplo. La cantidad de agua usada en el proceso puede variar dependiendo del tamaño del equipo usado. La pasta se puede pasar a una caja de cabeza convencional donde se deshidrata y deposita en un tamiz de alambre en movimiento donde se deshidrata por succión o vacío para formar un entramado bicomponente no tejido. A continuación, el entramado se puede recubrir con un aglutinante por medios convencionales, por ejemplo, mediante un procedimiento de inundación y extracción, y pasar a través de una sección de secado que seca la estera y endurece el aglutinante, y une térmicamente la lámina, el medio o el filtro. La estera resultante se puede recoger en un gran rollo para procesamiento futuro, para laminación a un segundo material del medio (tal como una capa del medio de celulosa) o para la formación de elementos filtrantes.

50 B. Configuraciones que contienen múltiples capas o múltiples áreas funcionales

Como se indica anteriormente, el material filtrante corriente arriba seleccionado para el secuestro de PDC (que contiene fibra del medio y fibra aglutinante, tales como fibra de vidrio y fibra bicomponente) a menudo se combina con un material filtrante corriente abajo. Este material filtrante corriente abajo se selecciona, en general, para la retirada favorable de contaminantes particulados. La parte corriente abajo puede comprender, por ejemplo, celulosa. La diferencia entre la capacidad de la parte corriente arriba y la parte corriente abajo para atraer diversos contaminantes, combinada con la distribución del tamaño de poro de las partes corriente arriba y corriente abajo, permite que el medio filtrante de la presente invención retire eficazmente una gama de contaminantes sin taponar prematuramente el filtro.

La parte corriente arriba (por ejemplo, fibra bicomponente y fibra de vidrio) del medio típicamente tiene un tamaño de poro de flujo medio más pequeño que la parte corriente abajo (por ejemplo, celulosa), y este tamaño de poro promedio más pequeño se combina con un tamaño de poro modal mayor en la parte corriente arriba, que puede ser útil para mejorar la carga del filtro con determinados contaminantes, en particular productos de degradación del combustible.

5 Típicamente, el tamaño de poro modal (o más común) es mayor en la parte corriente arriba que en la parte corriente abajo, y el tamaño de poro medio (o promedio) es más pequeño en la parte corriente arriba que en la parte corriente abajo.

La parte corriente arriba también puede tener su propia variación de tamaño de poro, caracterizada al menos por diferentes tamaños de poro a diferentes profundidades de la parte corriente arriba. En la "parte superior" de la parte corriente arriba, el tamaño de poro modal se incrementa opcionalmente. Para algunos medios, el tamaño de poro modal corriente abajo de la parte corriente arriba es significativamente mayor que el tamaño de poro modal de la parte corriente abajo, que típicamente es celulosa. En algunos modos de realización, el tamaño de poro modal de la parte corriente arriba es mayor que el tamaño de poro modal de la parte corriente abajo. Por ejemplo, el tamaño de poro modal de la parte corriente arriba puede ser al menos un 20 por ciento mayor que el tamaño de poro modal de la parte corriente abajo en algunas implementaciones, y al menos un 40 por ciento mayor que el tamaño de poro modal en la parte corriente abajo en otras implementaciones.

10

15

En un modo de realización de ejemplo, el tamaño de poro modal de la parte corriente arriba es al menos un 40 por ciento mayor que el tamaño de poro modal de la parte corriente abajo; y el tamaño de poro de flujo medio de la parte corriente arriba es menor de un 90 por ciento del tamaño de flujo de poro medio de la parte corriente abajo. Se apreciará que la parte corriente abajo puede contener fibra que tenga un diámetro promedio o sección transversal mayor que el diámetro promedio de la fibra del medio en la parte corriente arriba. En algunos modos de realización, el tamaño de poro modal de la parte corriente arriba es mayor que el tamaño de poro modal de la parte corriente abajo. Por ejemplo, el tamaño de poro modal de la parte corriente arriba puede ser al menos un 40 por ciento mayor o al menos un 60 por ciento mayor que el tamaño de poro modal de la parte corriente abajo. En algunos modos de realización, el tamaño de poro de flujo medio de la parte corriente arriba es menor que el tamaño de flujo de poro medio de la parte corriente abajo. Por ejemplo, el tamaño de poro de flujo medio de la parte corriente arriba puede ser menor de un 70 por ciento o menor de un 50 por ciento del tamaño de flujo de poro medio de la parte corriente abajo.

20

25

El diámetro de la fibra del medio se puede seleccionar también para mejorar el rendimiento entre las partes corriente arriba y corriente abajo. En un modo de realización, la parte corriente arriba contiene una fibra del medio que tiene un diámetro promedio de menos de 10 micrómetros basado en el recuento total de fibras; y la parte corriente abajo contiene una fibra del medio que tiene un diámetro promedio diferente al diámetro de la fibra del medio en la parte corriente arriba. En un modo de realización, la fibra del medio de la parte corriente arriba tiene un diámetro promedio de menos de 5 micrómetros. En general, la parte corriente abajo contiene fibra que tiene un diámetro promedio o sección transversal mayor que el diámetro promedio de la fibra del medio en la parte corriente arriba. La parte corriente arriba puede comprender, por ejemplo, fibra de vidrio, fibra aglutinante o fibra bicomponente. En algunos modos de realización, la parte corriente abajo comprende celulosa, fibras poliméricas tales como poliéster o una combinación de las mismas.

30

35

En un modo de realización, la parte corriente arriba contiene fibra del medio que tiene un diámetro promedio de menos de 10 micrómetros basado en el recuento de fibras totales; y la parte corriente abajo contiene fibra del medio que tiene un diámetro promedio diferente al diámetro promedio de la fibra del medio en la parte corriente arriba; en el que el tamaño de poro modal de la parte corriente arriba es al menos un 20 por ciento mayor que el tamaño de poro modal de la parte corriente abajo; y en el que el tamaño de poro de flujo medio del medio en la parte corriente arriba es menor de un 90 por ciento del tamaño de flujo de poro medio del medio en la parte corriente abajo.

40

En algunos modos de realización, el filtro para filtrar líquidos comprende una parte corriente arriba que comprende un medio que tiene una porosidad de al menos un 50 por ciento, comprendiendo el medio una fibra del medio y una fibra aglutinante que tiene un diámetro promedio mayor que la fibra del medio; y una parte corriente abajo que comprende celulosa. La parte corriente arriba puede comprender fibra de carbono o de vidrio. En un modo de realización, la fibra del medio de la parte corriente arriba tiene un diámetro promedio de menos de 5 micrómetros. En otro modo de realización, la fibra del medio de la parte corriente arriba tiene un diámetro promedio de menos de 15 micrómetros. En algunos modos de realización, el tamaño de poro modal de la parte corriente arriba es mayor que el tamaño de poro modal de la parte corriente abajo. Por ejemplo, el tamaño de poro modal de la parte corriente arriba puede ser al menos un 20 por ciento o al menos un 40 por ciento mayor que el tamaño de poro modal de la parte corriente abajo.

45

50

En otro modo de realización, la invención se refiere a un medio del filtro que comprende una parte corriente arriba que contiene fibras seleccionadas de carbono y de vidrio; y una parte corriente abajo que comprende celulosa; en el que el tamaño de poro modal de la parte corriente arriba es al menos un 40 por ciento mayor que el tamaño de poro modal de la parte corriente abajo; y en el que el tamaño de poro de flujo medio de la parte corriente arriba es menor de un 90 por ciento del tamaño de flujo de poro medio de la parte corriente abajo. Se apreciará que la parte corriente abajo puede contener fibra que tenga un diámetro promedio mayor que el diámetro promedio de la fibra del medio en la parte corriente arriba. En algunos modos de realización, el tamaño de poro modal de la parte corriente arriba es mayor que el tamaño de poro modal de la parte corriente abajo. Por ejemplo, el tamaño de poro modal de la parte corriente arriba puede ser al menos un 40 por ciento mayor o al menos un 60 por ciento mayor que el tamaño de poro modal

55

60

de la parte corriente abajo. En algunos modos de realización el tamaño de poro de flujo medio de la parte corriente arriba es menor que el tamaño de flujo de poro medio de la parte corriente abajo. Por ejemplo, el tamaño de poro de flujo medio de la parte corriente arriba puede ser menor de un 70 por ciento o un 50 por ciento del tamaño de flujo de poro medio de la parte corriente abajo.

5 En algunos modos de realización, la parte del filtro corriente arriba carga los productos de degradación del combustible a un nivel de captura de un 50 por ciento mayor que la parte del filtro corriente abajo. En algunos modos de realización, la primera parte del filtro carga los productos de degradación del combustible a un nivel de captura de al menos un 100 por ciento mayor que la segunda parte del filtro. En algunos modos de realización, la primera parte del filtro carga los productos de degradación del combustible a un nivel de captura de al menos un 200 por ciento mayor que la
10 segunda parte del filtro. El porcentaje se puede normalizar para el volumen del medio o para el área de la superficie del medio.

En algunos modos de realización, se usa polvo de polímero cristalino a baja temperatura para laminar los medios sintético y de celulosa entre sí para hacer que los medios compuestos sean de fácil fabricación en una serie de diferentes configuraciones de elementos filtrantes. También son posibles otros procedimientos de laminación de las
15 capas del medio, tales como medios de laminación adhesiva o de unión térmica.

En referencia ahora a la FIG. 6A a 6D, se muestran configuraciones de ejemplo para construcciones del medio filtrante. En estos diagramas esquemáticos de sección transversal, solo se describe el posicionamiento básico de los componentes del medio, y se entenderá que estas figuras no están dibujadas a escala. También se entenderá que las figuras son simplificaciones de las construcciones del medio, y que son modos de realización alternativos, pero no limitantes en cuanto a los tipos de construcciones posibles según la presente invención. La FIG. 6A es una vista esquemática en sección transversal de una construcción de un medio realizada de acuerdo con una implementación de la invención, que muestra una construcción de dos capas. En este modo de realización de ejemplo, la construcción del medio 120 incluye una primera parte que contiene el medio corriente arriba 122 y una segunda parte que contiene el medio corriente abajo 124. El medio corriente arriba puede ser, por ejemplo, una combinación de fibra del medio de vidrio y fibra aglutinante bicomponente. La parte corriente abajo puede ser, por ejemplo, un medio de celulosa.
20

La FIG. 6A es una vista esquemática en sección transversal de una construcción de un medio realizada de acuerdo con una implementación de la invención, que muestra una construcción de tres capas. En este modo de realización de ejemplo, la construcción del medio 130 incluye una primera y segunda partes que contienen el medio corriente arriba 132 y 133, más una tercera parte que contiene el medio corriente abajo 134. Las partes del medio corriente arriba pueden ser, por ejemplo, una combinación de fibra del medio de vidrio y fibra aglutinante bicomponente. En algunos modos de realización, estas partes del medio corriente arriba 132, 133 pueden tener diferentes propiedades entre sí, tales como diferentes tamaños de poro y distribuciones. No es necesario que ambas capas (o partes, si no están en capas distintas) retiren los PDC o contaminantes similares, siempre que al menos una capa o parte lo haga. La parte corriente abajo puede ser, por ejemplo, un medio de celulosa. Otros modos de realización pueden tener, por
25 ejemplo, capas adicionales corriente arriba y corriente abajo.

La FIG. 6A es una vista esquemática en sección transversal de una construcción de un medio realizada de acuerdo con una implementación de la invención, que muestra una construcción de dos capas con un espaciador entre capas del medio. En este modo de realización de ejemplo, la construcción del medio 140 incluye una primera parte que contiene el medio corriente arriba 142, una segunda parte que contiene el medio corriente abajo 144 y un espaciador 146 entre las partes corriente arriba y corriente abajo 142, 144. El medio corriente arriba puede ser, por ejemplo, una combinación de fibra del medio de vidrio y fibra aglutinante bicomponente. La parte corriente abajo puede ser, por ejemplo, un medio de celulosa. El espaciador 146 puede ser, por ejemplo, un material de malla no filtrante.
30

La FIG. 6D es una vista esquemática en sección transversal de una construcción del medio realizada de acuerdo con una implementación de la invención en la que la parte corriente arriba 152 y parte corriente abajo 154 están separadas además entre sí por un hueco. El medio corriente arriba puede ser, por ejemplo, una combinación de fibra del medio de vidrio y fibra aglutinante bicomponente. La parte corriente abajo puede ser, por ejemplo, un medio de celulosa. El hueco puede ser relativamente pequeño o relativamente grande. En este modo de realización, la orientación funcional de los dos medios es importante: que el medio de una parte esté situado corriente arriba de la otra parte. Se entenderá que los materiales de soporte se pueden colocar intermedios entre estas dos partes 152, 154.
35

La figura 7 ilustra la relación del poro del medio en un modo de realización de ejemplo de la invención, en la que la parte corriente arriba comprende un medio sintético de bicomponente-vidrio y la parte corriente abajo comprende celulosa. En particular, se muestra una estructura estratificada de la presente invención en esta implementación de ejemplo, en la que el tamaño de poro puede variar desde abierto en la parte corriente arriba hasta mucho más pequeño en la parte corriente abajo donde se produce la filtración de partículas finas. La parte corriente arriba puede comprender dos o más capas con diferentes tamaños de poro como se muestra aquí. Sin embargo, el tamaño de poro modal de la celulosa es más pequeño que los tamaños de poro modales de ambas partes de la parte corriente arriba representada.
40
45
50
55

Un filtro con una estructura donde los poros del medio son más pequeños en el lado corriente abajo que en el lado corriente arriba es a menudo útil. En otras palabras, la estructura porosa es más densa yendo desde el lado corriente

arriba al corriente abajo. Como resultado, las partículas o contaminantes que se van a filtrar pueden penetrar a profundidades variables dependiendo del tamaño de partícula. Esto provoca que las partículas o contaminantes se distribuyan por toda la profundidad del material filtrante, reduciendo el incremento en la caída de presión y prolongando la vida útil del filtro. En un modo de realización, los tamaños de poro cambian por etapas, como en la FIG. 7. En otro modo de realización, el tamaño de los poros se incrementa gradualmente de más pequeño en el lado corriente abajo a mayor en el lado corriente arriba.

La FIG. 8 muestra un ejemplo de un modo de realización de un filtro de combustible multietapa 180, que tiene capas concéntricas del medio 182, 184, 186. Las capas concéntricas pueden comprender capas de del medio y aglutinantes (tal como vidrio y bicomponente) con dimensiones de poro variables del exterior al interior. En general, el tamaño de poro de flujo medio se hará más pequeño de las capas externas 182 a las capas internas 186. Los PDC y otros productos similares tienen una tendencia a adsorberse sobre la superficie externa del medio y crear una capa o película por todo el medio. La aglomeración de los productos de degradación comienza a llenar los poros. El mayor número de poros grandes en el medio corriente arriba permite que el medio externo capture y almacene los productos de degradación sin taponarse tan rápidamente. La capa corriente abajo más estrecha está diseñada para tener una alta eficacia para las partículas.

C. Datos experimentales

Es posible evaluar el medio filtrante de la presente invención sobre la base de la estructura de poro del medio. La estructura del poro del medio se puede caracterizar sobre la base de la teoría capilar de la porometría. En base a la teoría molecular, la interacción entre las moléculas en un líquido puro es la misma en todo el líquido, excepto en una interfase tal como un gas-líquido, gas-sólido, líquido-líquido o líquido-sólido. Al sumar por todo el líquido puro, el promedio de todas las interacciones es esencialmente igual para cada molécula, excepto en estas interfases. En estas interfases, las moléculas están típicamente bajo una "tensión" debido a las diferencias en las interacciones intermoleculares en la masa y en la superficie. En una interfase gas-líquido, el exceso de energía potencial en la superficie debido a una menor densidad de moléculas da como resultado que las superficies estén bajo tensión, de ahí el término "tensión de superficie".

Un líquido que humedece fácilmente un material tiene un ángulo de contacto bajo. Cuando la superficie de un líquido se encuentra con un material humectable, por ejemplo, como la pared de un recipiente de vidrio, las moléculas están más atraídas por el vidrio que por la superficie del líquido. Esta atracción hacia la superficie del vidrio curva la superficie del líquido hacia arriba. Cuando la pared se curva para formar un tubo, esta fuerza de atracción actúa alrededor de toda la circunferencia del tubo, dando como resultado una fuerza neta hacia arriba sobre el fluido. Este fenómeno se ha desarrollado en lo que se conoce como teoría capilar, donde hay un equilibrio de fuerzas entre la presión de descarga hidrostática del líquido y las fuerzas de la tensión de superficie.

$$\sigma \pi d \cos(\theta) - \gamma(\Delta h)\left(\frac{\pi d^2}{4}\right) = 0$$

Donde:

$\sigma =$ Tensión superficial

$d =$ Diámetro del tubo

$\theta =$ Ángulo de contacto del líquido en la superficie del tubo

$\gamma =$ Peso específico del fluido

$\Delta h =$ Distancia de desplazamiento del fluido en el tubo

Para fluidos humectables, el ángulo de contacto es pequeño, y entonces puede asumir:

$$\cos(\theta) \approx 1$$

A continuación, después de sustituir el peso específico y la altura del líquido por la presión, la ecuación se puede escribir como:

$$d = \frac{4\sigma}{\Delta p}$$

Esta ecuación relaciona el diámetro, la presión y la tensión de superficie y se usa en el cálculo del tamaño de poro en las pruebas de porometría.

Hay tres técnicas usadas comúnmente para medir los tamaños de poro de un material poroso. Estas tres usan todas la teoría capilar para calcular los tamaños de poro en base a la relación de la tensión de superficie de un líquido, la

presión y el diámetro de poro. Cada uno de las tres puede variar ligeramente en la forma en que realizan sus mediciones y procedimientos de prueba: El primer procedimiento, la porometría de permeabilidad al aire, usa un líquido no reactivo que humedece y llena los poros del material poroso. El material saturado se presuriza a continuación con un gas no reactivo para retirar el líquido de los poros. Cuanto más pequeño es el tamaño de poro, mayor es la presión necesaria para forzar la salida del líquido de los poros. La presión y el flujo de aire se miden hasta que todo el líquido haya sido forzado a salir de la muestra. A continuación, estos datos se comparan con las mediciones de presión y flujo de una muestra limpia y seca para calcular la distribución del tamaño de poro.

Un segundo procedimiento, porometría por intrusión de mercurio, usar mercurio como el líquido que llena los poros de un material poroso. El mercurio tiene una tensión de superficie y un ángulo de contacto muy altos, y por tanto no entra fácilmente en los poros. Esta técnica usa a continuación presión para forzar que el mercurio entre en los poros. Cuanto más pequeño es el poro, mayor es la presión requerida para forzar la entrada del mercurio en el poro. El volumen de mercurio usado y la presión se miden, y a continuación se usan para calcular la distribución del tamaño de poro.

Un tercer procedimiento, la porometría por extrusión de líquido, usa un líquido no reactivo que llena y humecta completamente los poros de un material poroso. El material saturado se presuriza a continuación con un gas no reactivo para retirar el líquido de los poros. Cuanto más pequeño es el poro, mayor es la presión requerida para forzar la salida del líquido del poro. El volumen de líquido medido que se fuerza a salir de los poros, junto con la presión, se usan para calcular la distribución del tamaño de poro.

Dichas pruebas de poros se pueden realizar utilizando, por ejemplo, un porómetro automatizado de permeabilidad al aire fabricado por Porous Materials, Inc. Como se usa en el presente documento, el modelo era APP-1200-AEXSC usando el programa informático de prueba CAPWIN Versión 6.71.122. El procedimiento de prueba incluyó porometría de flujo capilar, secado/humectación usando fluido de silicona y una tensión de superficie del fluido de 20,1 dinas/c. El tamaño sometido a prueba eficaz de la muestra tenía un diámetro de 1,0 centímetros, con un flujo de aire máximo de 100.000 cm³/min; una presión diferencial de la muestra máxima de 120 kPa, y los siguientes parámetros de prueba específicos de la máquina de prueba:

Parámetros de prueba de Porous Materials Inc.

	Curva seca	Curva húmeda
Pres. máx.	180 kPa	180
Flujo máximo	100000 cm ³ /m	100000 cm ³ /m
Flujo de burbuja	NP	10 cm ³ /m
F/PT	NP	50
minbppres	NP	0 kPa
Tiempo cero	NP	1 s
ancho de pulso	0,4 s	0,1 s
v2incr	160 cts	80 cts
Preginc	16 cts	4,8 cts
retraso de pulso	2 s	2 s
mineqtime	30 s	45 s
Presslew	10 cts	10 cts
Flowslew	50 cts	50 cts
eqiter	3 s	20 s
aveiter	20 s	20 s
maxpdif	0,69 kPa	0,69 kPa
maxfdif	50 cm ³ /m	50 cm ³ /m

Para el cálculo de la distribución del tamaño de poro a partir de los datos, es necesario comparar la curva de la muestra seca con la curva de la muestra húmeda. Esto se hace calculando el porcentaje de flujo de aire que tiene la muestra húmeda frente a la muestra seca. Esto da lo que se llama el porcentaje de flujo del filtro...

$$Q(p) = \frac{\text{Flujo de aire de la muestra húmeda}_p}{\text{SecoFlujo de aire de la muestra}_p}$$

- 5 Este porcentaje de flujo del filtro es una función de la presión. Entonces, luego usamos la ecuación de la teoría capilar (Ec. 2.3) para sustituir la presión por el diámetro. Ahora obtenemos una curva de distribución del tamaño de poro base de flujo de un 0-100 %...

$$D(d) = Q\left(\frac{4\sigma}{d}\right) = Q(p)$$

- 10 El tipo de cálculos usados para la distribución del tamaño de poro en el programa informático de notificación de fabricación puede intensificar la variabilidad de los datos medidos y puede dar curvas de distribución desiguales. Además, los resultados de distribución del tamaño de poro son una colección de puntos de datos y, por tanto, son difíciles de usar en técnicas de análisis de comparación así como en técnicas de modelado. Por lo tanto, Donaldson Company ha desarrollado una técnica patentada para ajustar en una curva los datos sin procesar recogidos de cada prueba. Esta técnica puede ajustar en una curva los datos en un formato de distribución, sin tener que restringirlos a una curva de distribución normal clásica. Los resultados de esta técnica dan:

$g(d)$ = Una función de distribución acumulativa del diámetro de los tamaños de poro de la muestra sometida a prueba.

$G(d)$ = Una función de distribución de densidad del diámetro de los tamaños de poro de la muestra sometida a prueba.

- 20 La FIG. 9 muestra un gráfico de distribución de la densidad del tamaño de poro de flujo que compara diferentes medios de combustible soplados en estado fundido, de celulosa y de bicomponente-vidrio. Como se evidencia por las distribuciones del tamaño de poro modal para diámetros de poro en el lado corriente abajo de la capa corriente arriba en la FIG. 9, el bicomponente-vidrio de ejemplo tiene un tamaño de poro modal de casi 30 μm frente a aproximadamente 13 μm para el medio soplado en estado fundido. Al relacionar las capas de bicomponente-vidrio y sopladas en estado fundido corriente arriba con la capa de celulosa, el tamaño de poro modal máximo de casi 30 μm para la capa de bicomponente-vidrio es mucho mayor que el de la celulosa. También se puede ver en la FIG. 9 que el medio soplado en estado fundido con una densidad de tamaño de poro modal de aproximadamente 13 μm es muy similar a la celulosa con una densidad de tamaño de poro modal de 10 μm .

El tamaño de poro modal es una medida de la estructura de poro del medio. Otra medida de la estructura del poro del medio es el tamaño de poro de flujo medio, que se define como el tamaño de poro donde un 50 % del flujo acumulado pasa a través del medio.

- 30 La FIG. 10 muestra la distribución del tamaño de poro acumulativa para los componentes de los medios soplado en estado fundido, de celulosa y de bicomponente-vidrio.

Los materiales usados para producir los datos mostrados en la FIG. 10 fueron como sigue:

Celulosa A: Medio comercial de celulosa, medio Ahlstrom grado 15PS-11

- 35 Soplado en estado fundido A: Medio comercial compuesto de soplado en estado fundido-celulosa, medio Ahlstrom grado 15 PS LFF-1.

DCI A: Capa del medio de bicomponente de poliéster-vidrio con un tamaño de poro de flujo medio de 30,3 micrómetros laminado con una capa del medio de bicomponente de poliéster-vidrio con un tamaño de poro de flujo medio de 9,2 micrómetros.

- 40 DCI B: Capa del medio de bicomponente de poliéster-vidrio con un tamaño de poro de flujo medio de 20,1 micrómetros laminado con una capa de medio de bicomponente de poliéster-vidrio con un tamaño de poro de flujo medio de 9,3 micrómetros.

DCI C: Capa del medio de bicomponente de poliéster-vidrio con un tamaño de poro de flujo medio de 30,3 micrómetros laminado con una 2.^a capa del medio de bicomponente de poliéster-vidrio con un tamaño de poro de flujo medio de 20,1 micrómetros.

- 45 Se creó un sedimento de combustible diésel a través de la oxigenación de moléculas ricas en electrones similares a los procedimientos descritos en las siguientes referencias: Frankenfeld, J. W.; Taylor, W. F.; Brinkman, D. W., *et al*, Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev., 1983, 22, 608-614; K. T. Reddy, J. Propulsion, Vol 5(1), 1989, pág. 6-13; John W. Frankenfeld, William F. Taylor, Dennis W. Brinkman, Industrial & Engineering Chemistry Product Research and

Development 1983 22 (4), 622-627; John W. Frankenfeld, William F. Taylor, Dennis W. Brinkman, Industrial & Engineering Chemistry Product Research and Development 1983 22 (4), 615-621; John W. Frankenfeld, William F. Taylor, Industrial & Engineering Chemistry Product Research and Development 1980 19 (1), 65-70; y W. F. Taylor and J. W. Frankenfeld, Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev., Vol 17 (1), 1978, pág. 86-90. Estas referencias revelan que sedimentos (o depósitos) similares a los encontrados en los combustibles diésel se pueden producir en un entorno de laboratorio.

Se puede observar que el modo de realización de la capa del medio de bicomponente-vidrio de 10 µm tiene un tamaño de poro de flujo medio que es más pequeño que la capa del medio de celulosa a pesar de tener un tamaño de poro modal que es casi tres veces el de la celulosa. El número significativo de poros grandes se evidencia además en la distribución del tamaño acumulativa en la FIG. 10 observando el tamaño de poro de flujo de un 30 %. Para las tres muestras de medio de bicomponente-vidrio, aproximadamente un 30 %, un 23 % y un 39 %, respectivamente, del flujo total pasa a través de poros de 20 µm o mayores, mientras que el tamaño de poro de flujo acumulativo de un 30 % para el medio soplado en estado fundido y para la celulosa es aproximadamente la mitad de este tamaño.

Al resumir las relaciones de tamaño de poro entre el bicomponente sintético, el soplado en estado fundido y tres muestras de medios de celulosa, se pueden calcular las siguientes proporciones, que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1

Compuesto de medios	Proporción de poro de flujo medio	Proporción de tamaño de poro de flujo del 30 %	Proporción de tamaño de poro modal
Soplado en estado fundido/Celulosa	1,0	1,0	1,3
DCI A/Celulosa	0,7	2,0	2,9
DCI B/Celulosa	1,1	1,1	2,8
DCI C/Celulosa	1,8	2,0	2,4

Otro aspecto del modo de realización del medio de bicomponente-vidrio-celulosa con respecto al medio de soplado en estado fundido-celulosa es el módulo de compresión. La tabla 2 muestra el porcentaje de compresión para muestras de diámetros y grosores idénticos de medios sintéticos y soplados en estado fundido bajo cargas idénticas.

Los materiales usados para producir los datos mostrados en la tabla 2 fueron como sigue:

MB-1: Medio comercial soplado en estado fundido actualmente usado en medios Hollingsworth y Vose de grado TR108802.

MB-2: Medio comercial de soplado en estado fundido actualmente usado en medios Ahlstrom de grado 15 PS LFF-1.

DCI-1: Medio de bicomponente de poliéster-vidrio con un tamaño de poro de flujo medio de 9,2 micrómetros.

DCI-2: Medio de bicomponente de poliéster-vidrio con un tamaño de poro de flujo medio de 9,3 micrómetros.

DCI-3: Medio de bicomponente de poliéster-vidrio con un tamaño de poro de flujo medio de 30,3 micrómetros.

DCI-4: Medio de bicomponente de poliéster-vidrio con un tamaño de poro de flujo medio de 20,1 micrómetros.

Tabla 2

Medio	N.º de prueba	N.º de muestra	Fuerza (g)	Distancia (mm)	Dis./Mues. (mm)	Distancia / Muestra		% comprimido
						Promedio (mm)	Des. est. (mm)	
MB-1	1	25	4836,85	11,412	0,456			
MB-1	2	25	4837,27	11,106	0,444	0,451	0,006	43,6 %
MB-1	3	25	4830,19	11,343	0,454			
DCI-1	1	45	4833,58	12,565	0,279			
DCI-1	2	45	4822,68	12,671	0,282	0,280	0,002	37,0 %

ES 2 809 826 T3

DCI-1	3	45	4830,99	12,539	0,279			
MB-2	1	30	4831,33	13,253	0,442			
MB-2	2	30	4838,54	13,413	0,447	0,441	0,007	33,9 %
MB-2	3	30	4827,83	12,982	0,433			
DCI-2	1	45	4834,25	14,402	0,320			
DCI-2	2	45	4839,55	14,235	0,316	0,319	0,002	28,2 %
DCI-2	3	45	4830,37	14,439	0,321			
DCI-3	1	35	4825,99	14,623	0,418			
DCI-3	2	35	4840,50	14,762	0,422	0,418	0,003	26,8 %
DCI-3	3	35	4839,13	14,551	0,416			
DCI-4	1	40	4831,39	15,111	0,378			
DCI-4	2	40	4833,31	14,931	0,373	0,377	0,003	24,7 %
DCI-4	3	40	4837,15	15,145	0,379			

- Se puede observar que la compresión del medio sintético varía de un 24,6-37,0 % en comparación con la compresión de un medio soplado en estado fundido de un 43,6 %. En el caso específico del modo de realización preferente, las dos capas del medio que comprenden bicomponente-vidrio (DCI-1 y DCI-3) tienen valores de un 26,8 y un 37,0 %. El módulo de compresión es un punto importante cuando se trata de contaminantes de combustible que se acumulan algo en el lado corriente arriba de los medios de filtración de combustible y en las interfases entre las capas graduadas. Incluso una pequeña cantidad de una acumulación localizada de contaminantes en el lado corriente arriba de una capa del medio puede dar como resultado un incremento de presión localizada en la sección corriente arriba, que comprime el medio, reduciendo de este modo el volumen vacío del medio y dando como resultado una vida útil más corta.
- La FIG. 11A muestra imágenes obtenidas mediante microscopio electrónico de barrido de fibras de la parte corriente arriba antes (izquierda) y después (derecha) de la filtración del combustible. La FIG. 11B muestra imágenes obtenidas mediante microscopio electrónico de barrido de fibras de la parte corriente abajo antes (izquierda) y después (derecha) de la filtración del combustible. Las dos fibras mostradas en las FIGS. 11A y 11B son de tamaño similar pero con diferentes químicas. Se muestra la formación de capas de FDP en la fibra de la parte corriente arriba, mientras que solo se han adsorbido unos cuantos PDC sobre la fibra de la parte corriente abajo.
- Por tanto, la diferencia en la atracción por diversos contaminantes entre la parte corriente arriba y la parte corriente abajo, junto con la distribución del tamaño de poro, permite que el medio filtrante de la presente invención retire eficazmente los contaminantes sin taponar el filtro. La parte corriente arriba puede comprender fibra de vidrio, fibra aglutinante, fibra bicomponente o una combinación de materiales. La parte corriente abajo puede comprender, por ejemplo, celulosa.
- Aunque el medio filtrante se puede diseñar usando capas o fases distintas, de ninguna manera se limita a estructuras de múltiples capas. En algunos modos de realización, el medio filtrante comprende una estructura de filtro de gradiente continuo. Este gradiente puede tener una variación continua suave en las propiedades, o se puede diseñar con cambios acelerados en el gradiente de la propiedad. Este gradiente también se puede diseñar con etapas discontinuas. En algunas de estas implementaciones, todo el medio filtrante en toda la estructura de filtro de gradiente puede servir para retirar los PDC y los contaminantes relacionados. Sin embargo, en otras implementaciones, solo una parte de dicho medio retirará eficazmente los PDC y los contaminantes relacionados, dependiendo de los materiales y las estructuras del medio.
- En algunos modos de realización, la parte corriente arriba contiene una fibra del medio que tiene un diámetro promedio de menos de 10 micrómetros basado en el recuento total de fibras; y la parte corriente abajo contiene una fibra del medio que tiene un diámetro promedio diferente al diámetro promedio de la fibra del medio en la parte corriente arriba. En general, la parte corriente abajo contiene fibra que tiene un diámetro promedio mayor que el diámetro promedio de la fibra del medio en la parte corriente arriba. En otros modos de realización, las partes corriente arriba y corriente abajo del medio filtrante están formadas integralmente.
- La evaluación de los medios de filtración de combustible de la técnica anterior con contaminantes basados en combustible reveló deficiencias de rendimiento (vida útil acortada debido al taponamiento) provocadas por limitaciones en la(s) capa(s) del medio soplado en estado fundido. Las deficiencias reveladas estaban relacionadas con los

tamaños de poro del material soplado en estado fundido con respecto a la celulosa y las distribuciones del tamaño de poro del material soplado en estado fundido. La solidez y la compresibilidad de la capa soplada en estado fundido también son limitaciones de la técnica anterior frente a las capas del medio de bicomponente-vidrio y celulosa de la presente invención. El modo de realización del medio de bicomponente-vidrio/celulosa mostró ventajas de rendimiento sobre los medios de filtración de la técnica anterior en aplicaciones sobre el terreno donde los contaminantes de ensuciamiento primarios son constituyentes de una química de fluidos de hidrocarburos que forman partículas deformables.

El desarrollo de la filtración de la técnica anterior se ha centrado en el uso de contaminantes estandarizados de la industria (polvos de prueba). El polvo de prueba estándar está compuesto de partículas rígidas no deformables, que, aparte de las cargas electrostáticas aleatorias, tienen poca atracción por las fibras del filtro y muestran poca o ninguna adherencia a las superficies de las fibras en las que se recogen. Aunque estos polvos de prueba pueden imitar contaminantes transportados por el aire que se introducen en los sistemas de fluidos o residuos de desgaste de los componentes internos del sistema, no son representativos de los contaminantes responsables de la mayor parte del ensuciamiento de los filtros en una serie de aplicaciones, tal como la filtración del combustible diésel, en particular en combustibles diésel con contenido ultra bajo de azufre y combustibles diésel que contienen biodiésel. Esto se confirma por el hecho de que una mayor capacidad de polvo en las pruebas de laboratorio no siempre se correlaciona con una vida útil sobre el terreno más prolongada.

La FIG. 12 muestra pruebas comparativas de la vida útil usando contaminantes de combustible generados en laboratorio. En particular, la ventaja de rendimiento que se muestra es una vida útil más prolongada en la aplicación real, al tiempo que se mantiene la misma eficacia de filtración. Para las pruebas, estaban presentes contaminantes de PDC generados en el laboratorio a una concentración de 150 mg/l. El combustible de prueba se bombeó a continuación a través de los materiales filtrantes a un caudal lineal de 0,48 mm/s en un bucle de múltiples pasos a una temperatura de 22 °C. Se midió la caída de presión en todo el filtro, y la prueba se detuvo cuando la caída de presión alcanzó 80 kPa. Se añadió contaminante adicional al combustible a los 180 minutos si la caída de presión en toda la muestra no alcanzó 80 kPa después de 180 minutos. Las propiedades contaminantes de los PDC generadas en el laboratorio, tal como el peso molecular, el tamaño, etc., variarán con el tipo de combustible usado, así como con el lote particular de combustible usado. En base a las calibraciones, la concentración de PDC a partir de la diferencia en la absorbancia es de aproximadamente 150 mg/l calculada como la diferencia en los dos valores de absorbancia y una curva de calibración de los PDC, y 150 mg/l fue la concentración de los contaminantes de PDC generados en el laboratorio para fines de prueba. Los materiales usados para producir los datos mostrados en la FIG. 12 fueron como sigue:

CM-1: Medio comercial de celulosa, medio Ahlstrom grado 15PS-11.

CM-2: Medio comercial de celulosa, medio Ahlstrom grado 5 PS-1.

CM-3: Medio comercial compuesto de soplado en estado fundido-celulosa, medio Ahlstrom grado 15 PS LFF-1.

DCI-5: medio de bicomponente de poliéster-vidrio de 34-gsm, grosor de 0,18 mm, permeabilidad de 125 cfm.

DCI-6: medio de bicomponente de poliéster-vidrio de 38-gsm, grosor de 0,20 mm, permeabilidad de 80 cfm.

DCI-7: medio de bicomponente de poliéster-vidrio de 46-gsm, grosor de 0,30 mm, permeabilidad de 190 cfm.

DCI-8: medio de bicomponente de poliéster-vidrio de 62-gsm, grosor de 0,30 mm, permeabilidad de 50 cfm.

Por tanto, cuando se compara con los medios de la técnica anterior, se ha encontrado que las estructuras y materiales divulgados en los modos de realización preferentes y alternativos son en particular eficaces para proporcionar una vida útil sobre el terreno significativamente más prolongada, al tiempo que se mantiene una eficacia de filtración igual.

La FIG. 13 muestra además pruebas comparativas de la vida útil de algunos modos de realización de las presentes invenciones en comparación con el medio soplado en estado fundido-de celulosa de la técnica anterior.

Los materiales usados para producir los datos mostrados en la FIG. 13 fueron como sigue:

CM-1: Medio comercial de celulosa, medio Ahlstrom grado 15PS-11.

CM-3: Medio comercial compuesto de soplado en estado fundido-celulosa, medio Ahlstrom grado 15PS LFF-1.

DCI-1: Medio de bicomponente de poliéster-vidrio con un tamaño de poro de flujo medio de 9,2 micrómetros.

DCI-2: Medio de bicomponente de poliéster-vidrio con un tamaño de poro de flujo medio de 9,3 micrómetros.

DCI-3: Medio de bicomponente de poliéster-vidrio con un tamaño de poro de flujo medio de 30,3 micrómetros.

DCI-4: Medio de bicomponente de poliéster-vidrio con un tamaño de poro de flujo medio de 20,1 micrómetros.

Como se muestra en las FIGS. 12 y 13, con el tiempo los modos de realización de la presente invención tienen un incremento de la caída de presión significativamente menor, que se correlaciona con menos taponamiento y una vida útil más prolongada. Por tanto, el medio filtrante de la presente invención proporciona una vida útil más prolongada sin poner en peligro la eficacia del filtro o incrementar el tamaño del filtro.

5 La ventaja potencial de rendimiento del medio de bicomponente-vidrio en aplicaciones de filtración fina (típicamente por debajo de 10 μm) se entiende bien en la industria de la filtración. Se han demostrado históricamente ventajas de rendimiento menos significativas en aplicaciones más gruesas (por encima de 10 μm) al evaluar medios de filtración de bicomponente-vidrio frente medios soplados en estado fundido con los contaminantes tradicionales usados en el desarrollo de filtros (es decir, polvo de prueba). El sesgo de rendimiento histórico para los medios de vidrio en aplicaciones de filtración fina se basa en gran medida en el diámetro más pequeño de las fibras de vidrio en comparación con los medios soplados en estado fundido y el volumen vacío adicional proporcionado de ese modo en los medios. Véase en la tabla 3 una comparación de la solidez del medio soplado en estado fundido y de bicomponente-vidrio. En aplicaciones de filtración fina, el diámetro más pequeño de las fibras de vidrio frente al soplado en estado fundido produce un incremento porcentual mayor en el volumen vacío que en aplicaciones gruesas donde se deben incorporar fibras de vidrio más grandes en el medio para lograr la eficacia y las propiedades físicas seleccionadas.

Tabla 3

Material	Peso base (g/m ²)	Grosor (mm)	Densidad Material 1 (g/cm ³)	Densidad Material 2 (g/cm ³)	% Material 1	% Material 2	Densidad del compuesto (g/cm ³)	Solidez
CM-1	150	0,50	-	-				
MB-2	55	0,29	1,4	-	100	-	1,4	0,14
DCI-3/ DCI-1	88	0,56	1,4	2,6	69	31	1,8	0,09
DCI-4/ DCI-2	75	0,48	1,4	2,6	58	42	1,9	0,08
DCI-3/ DCI-4	78	0,50	1,4	2,6	50	50	2,0	0,08

El uso de medios de bicomponente-vidrio en la técnica anterior a menudo requiere un soporte de tamiz que tiene un coste prohibitivo en muchos de los mercados en los que la presente invención encontraría utilización. Aunque la capa de celulosa en la presente invención puede servir como capa de soporte rentable, los autores de la invención descubrieron sorprendentemente que la capacidad del medio compuesto para retirar contaminantes con un menor incremento en la caída de presión al tiempo que se mantiene la eficacia de las partículas fue una función del tamaño o tamaños de poro relativos de las capas de bicomponente-vidrio frente a celulosa y la composición del medio.

En un modo de realización alternativo, el medio corriente arriba no contiene fibras de vidrio. Las fibras poliméricas de tamaño y concentraciones similares reemplazan las fibras de vidrio en las capas sintéticas de bicomponente-vidrio previas sin alterar significativamente la estructura ni las propiedades físicas del medio corriente arriba.

Otro modo de realización alternativo utiliza medios de vidrio unidos por resina tradicionales en lugar de los medios de bicomponente-vidrio. Al igual que con el modo de realización del medio de bicomponente-vidrio, el diseño exacto de la estructura de poro del medio y el gradiente en el medio de vidrio de estructura graduada junto con el módulo de compresión del medio de vidrio son clave para lograr una vida útil muy prolongada.

Se apreciará que, aunque la implementación de la invención anteriormente descrita se refiere a la retirada de los PDC de corrientes de combustible, tales como los depósitos de combustible de los motores diésel o los depósitos de almacenamiento a granel, el presente dispositivo se puede ser usar en otras aplicaciones filtrantes y no se limita a la retirada de PDC. Los modos de realización de la presente invención también serían adecuados para retirar numerosos contaminantes de una química de fluidos de hidrocarburos que incluyen contaminantes tales como ceras, asfaltenos, glucósidos de esteroides, glucósidos de esterilo y productos de degradación del combustible. Los contaminantes pueden comprender, por ejemplo, partículas deformables, partículas no deformables y mezclas de partículas deformables y no deformables. Los hidrocarburos tales como lubricante y aceite hidráulico también se pueden filtrar usando la presente invención.

40

REIVINDICACIONES

1. Un filtro para filtrar combustibles líquidos, comprendiendo el filtro:
medio filtrante configurado y dispuesto para su colocación en una corriente de combustible líquido, comprendiendo el medio filtrante una capa corriente arriba y una capa corriente abajo, en el que la capa corriente arriba comprende una mezcla de:
- 5 a) fibra del medio; y
b) fibra aglutinante que tiene un diámetro promedio mayor que la fibra del medio,
en el que la capa corriente arriba tiene un tamaño de poro de flujo medio más pequeño que la capa corriente abajo, y
- 10 en el que el tamaño de poro modal de la capa corriente arriba es al menos un 40 por ciento mayor que el tamaño de poro modal de la capa corriente abajo.
2. El filtro para filtrar combustibles líquidos de la reivindicación 1, en el que la fibra del medio comprende fibra de vidrio.
3. El filtro para filtrar combustibles líquidos de la reivindicación 1, en el que la fibra aglutinante comprende fibra bicomponente.
- 15 4. El filtro para filtrar combustibles líquidos de la reivindicación 1, en el que la capa corriente abajo comprende celulosa.
5. El filtro para filtrar combustibles líquidos de la reivindicación 1, en el que la fibra del medio tiene un diámetro promedio de menos de 15 micrómetros.
- 20 6. El filtro para filtrar combustibles líquidos de la reivindicación 1, en el que la fibra del medio tiene un diámetro promedio de menos de 5 micrómetros.
7. El filtro para filtrar combustibles líquidos de la reivindicación 1, en el que la fibra aglutinante tiene un diámetro promedio mayor de 5 micrómetros.
8. El filtro para filtrar combustibles líquidos de la reivindicación 1, en el que la capa corriente arriba del medio filtrante tiene una solidez de menos de un 12 por ciento.
- 25 9. El filtro para filtrar combustibles líquidos de la reivindicación 1, en el que la capa corriente arriba del medio filtrante tiene un tamaño de poro de flujo máximo mayor de 20 μm .
10. El filtro para filtrar combustibles líquidos de la reivindicación 1, en el que la capa corriente arriba del medio filtrante tiene una capacidad de compresión de menos de un 40 por ciento a una presión de 1,24 kg/cm^2 .
- 30 11. El filtro para filtrar combustibles líquidos de la reivindicación 1, en el que la capa corriente arriba del medio filtrante tiene una compresibilidad de menos de un 20 por ciento a una presión de 1,24 kg/cm^2 , preferentemente en el que el medio filtrante tiene una compresibilidad de menos de un 10 por ciento a una presión de 1,24 kg/cm^2 .
12. El filtro para filtrar combustibles líquidos de la reivindicación 1, en el que la capa corriente arriba del medio filtrante tiene un poro de flujo medio de menos de 15 micrómetros.
- 35 13. El filtro para filtrar combustibles líquidos de la reivindicación 1, en el que la capa corriente arriba del medio filtrante tiene un poro de flujo modal de menos de 20 micrómetros.
14. El filtro para filtrar combustibles líquidos de la reivindicación 1, en el que la capa corriente arriba del medio filtrante tiene una proporción de tamaño de poro de flujo máximo con respecto al tamaño de poro de flujo medio de al menos 2,5.
- 40

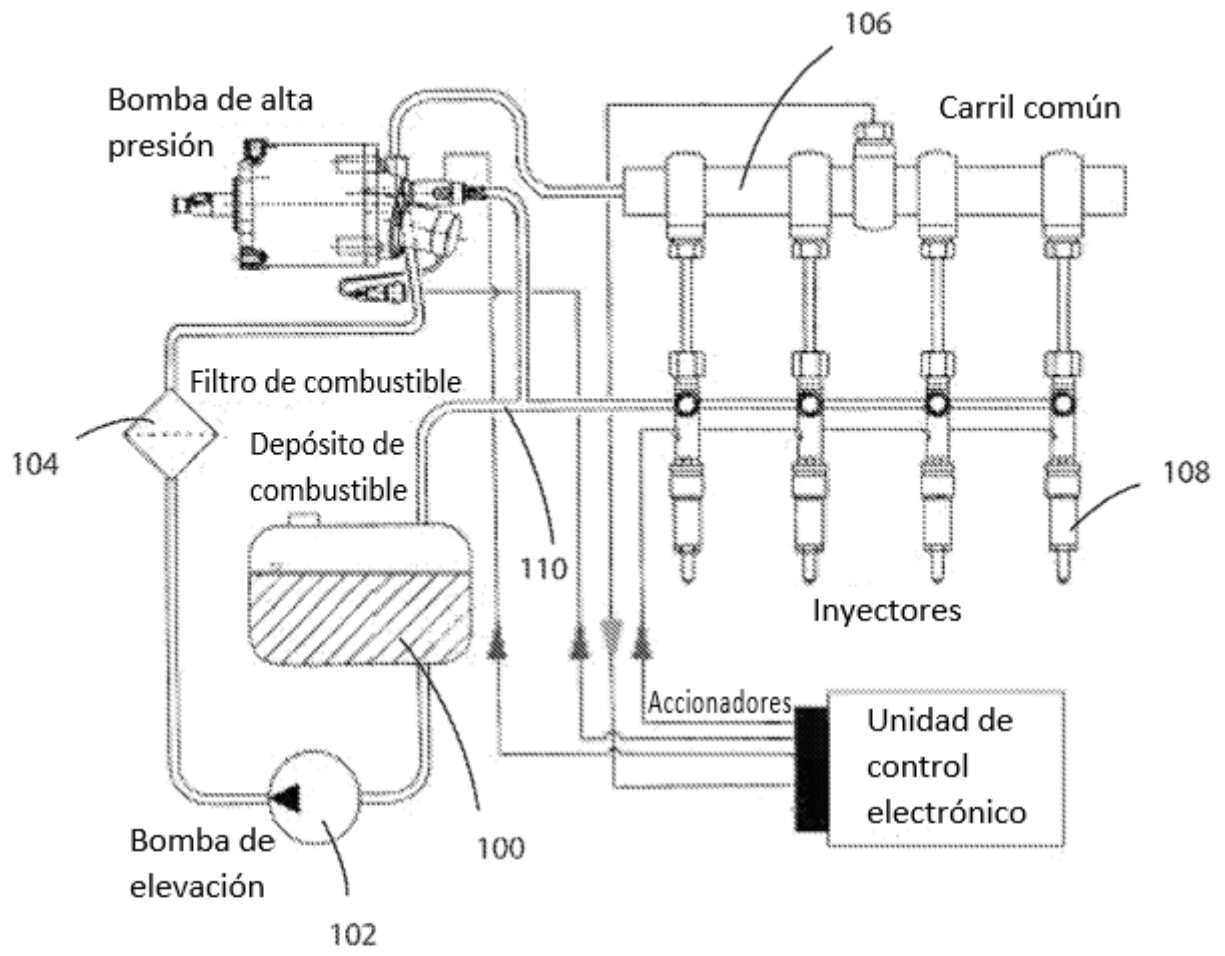


FIG. 1

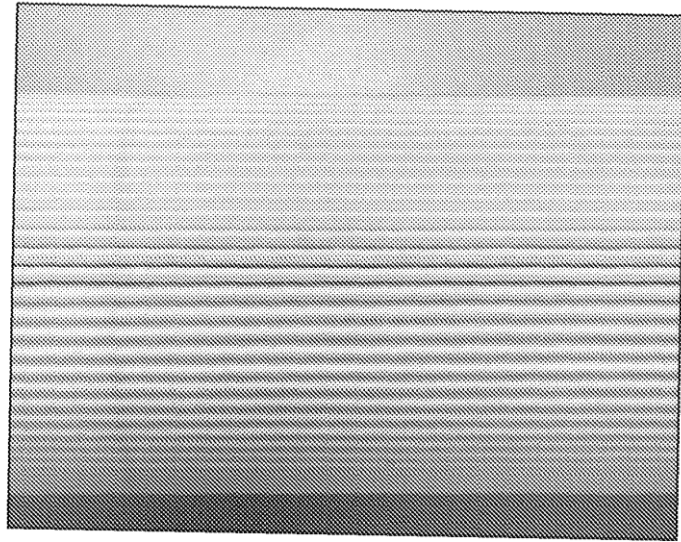


FIG. 2A

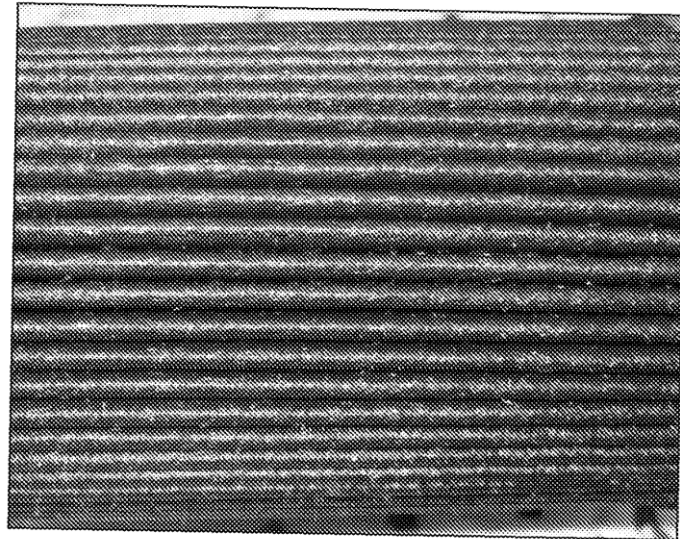


FIG. 2B

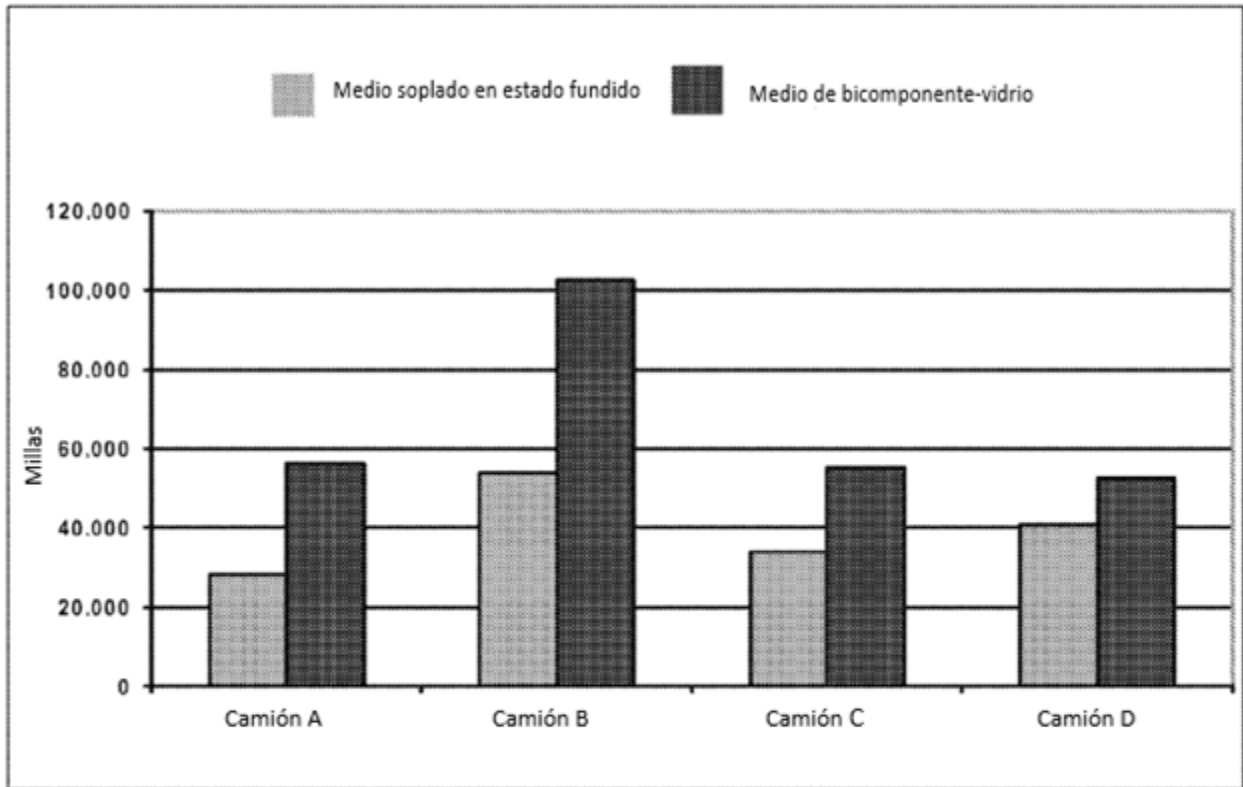


FIG.3

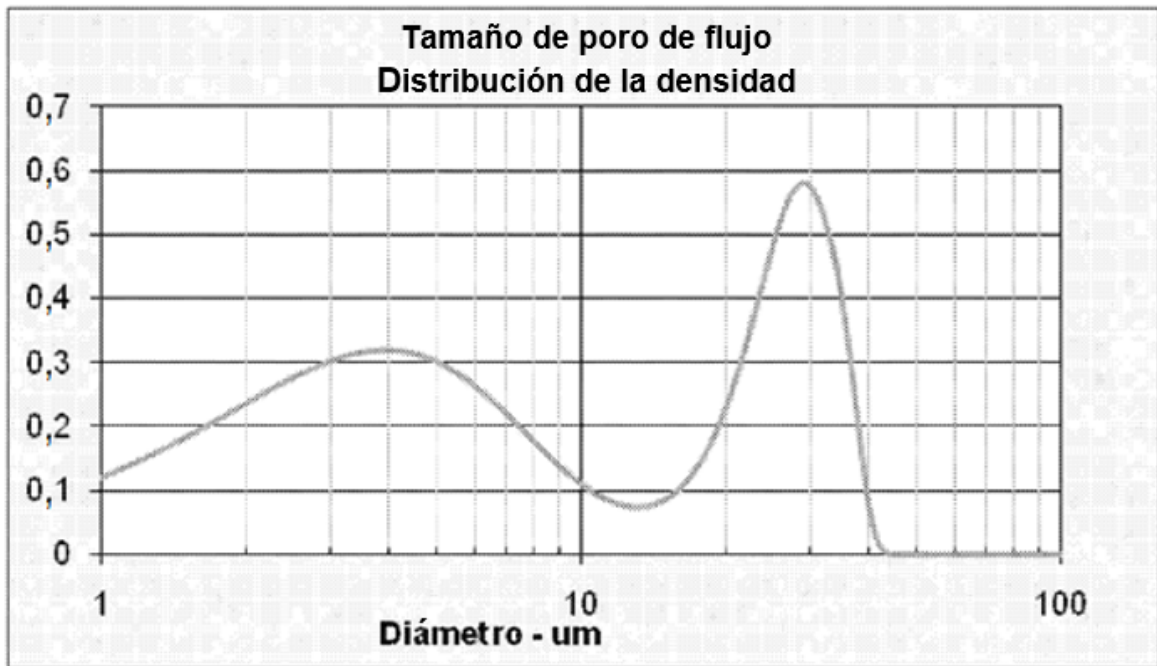


FIG.4

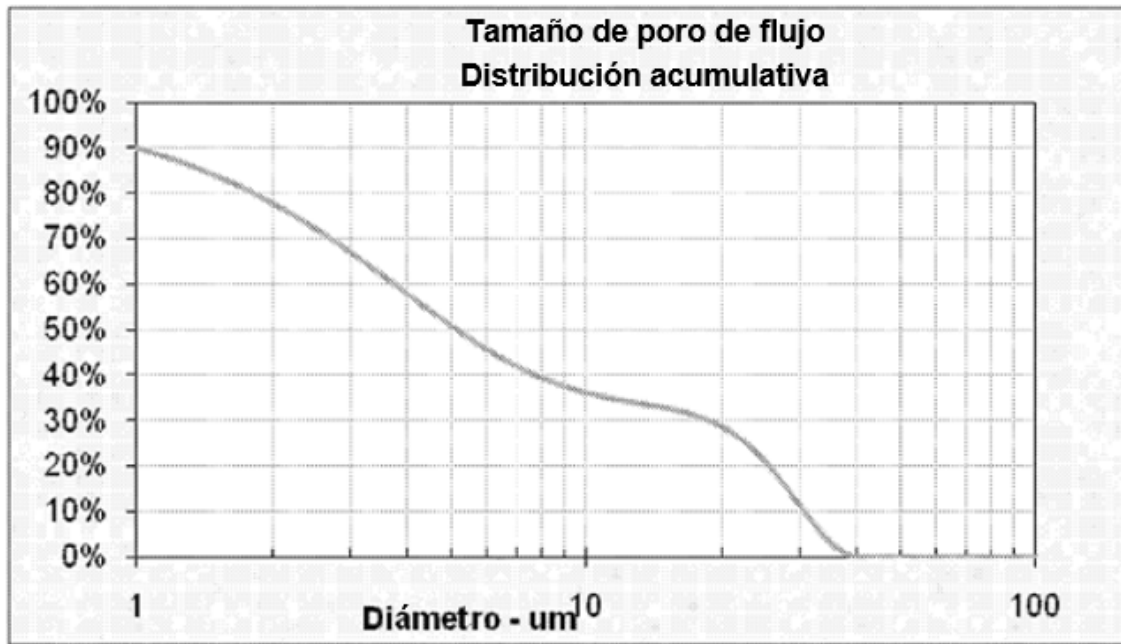
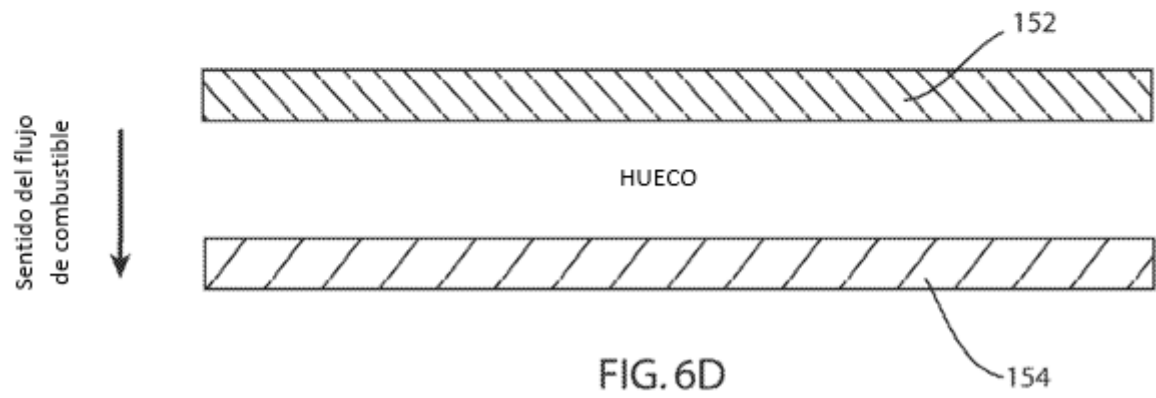
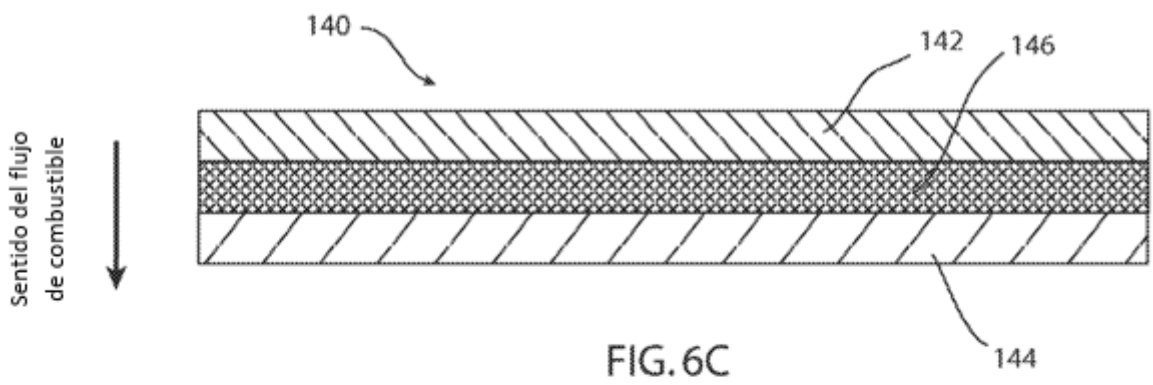
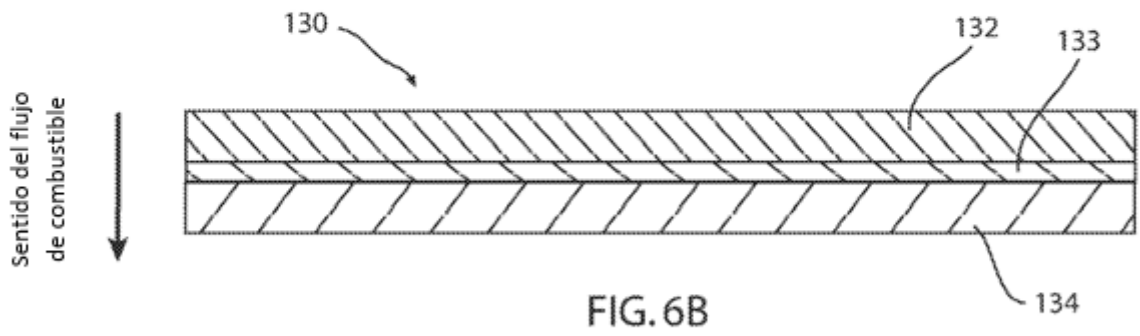
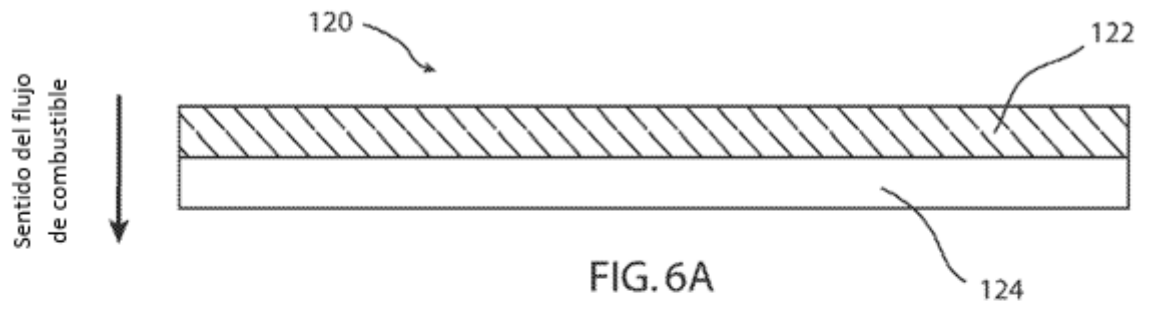


FIG. 5



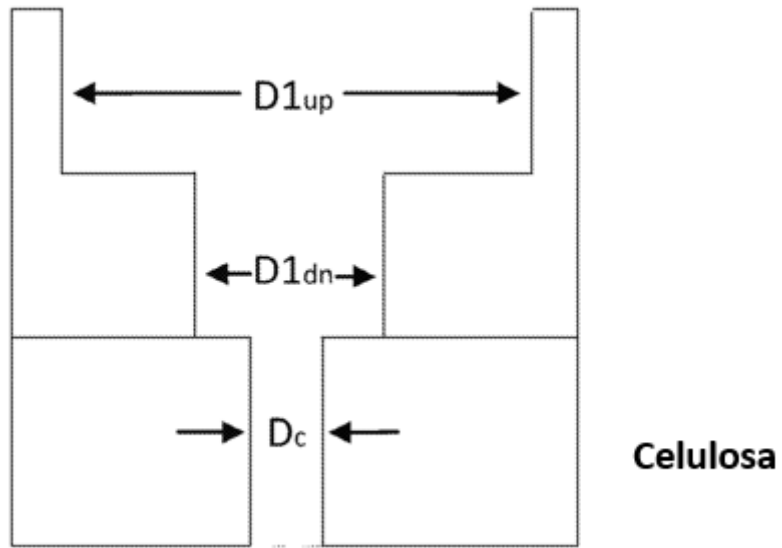


FIG. 7

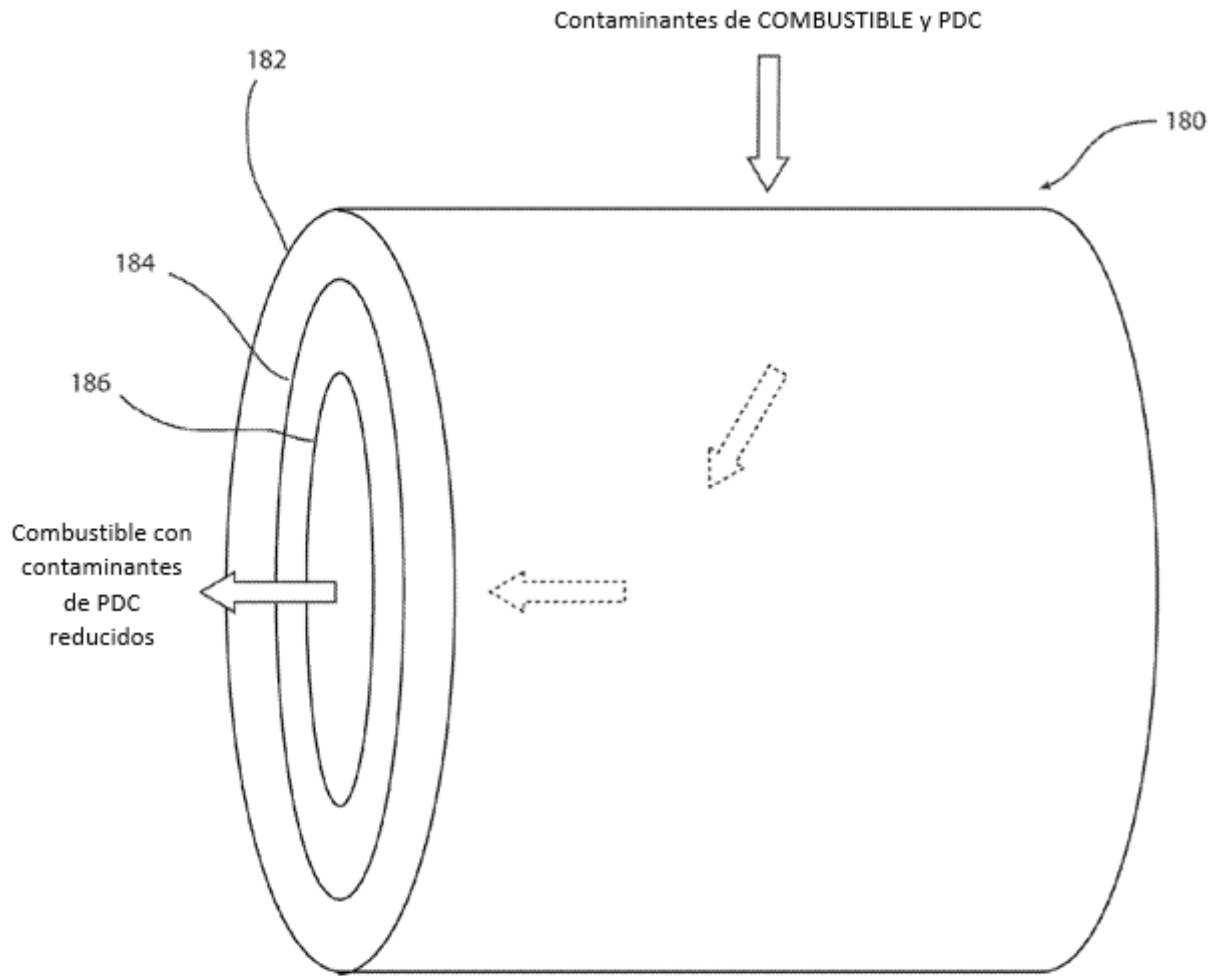


FIG. 8

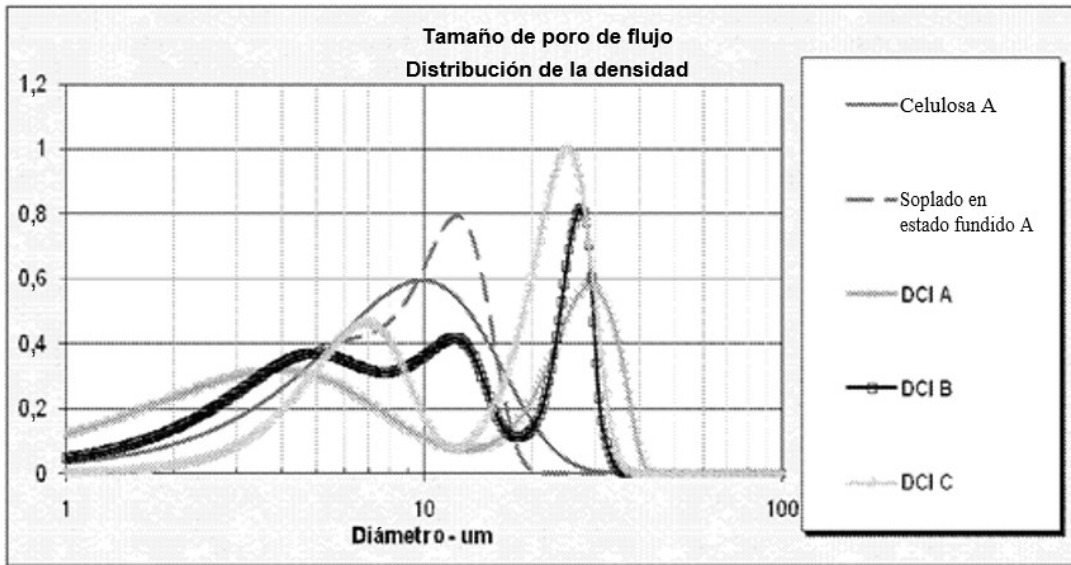


FIG. 9

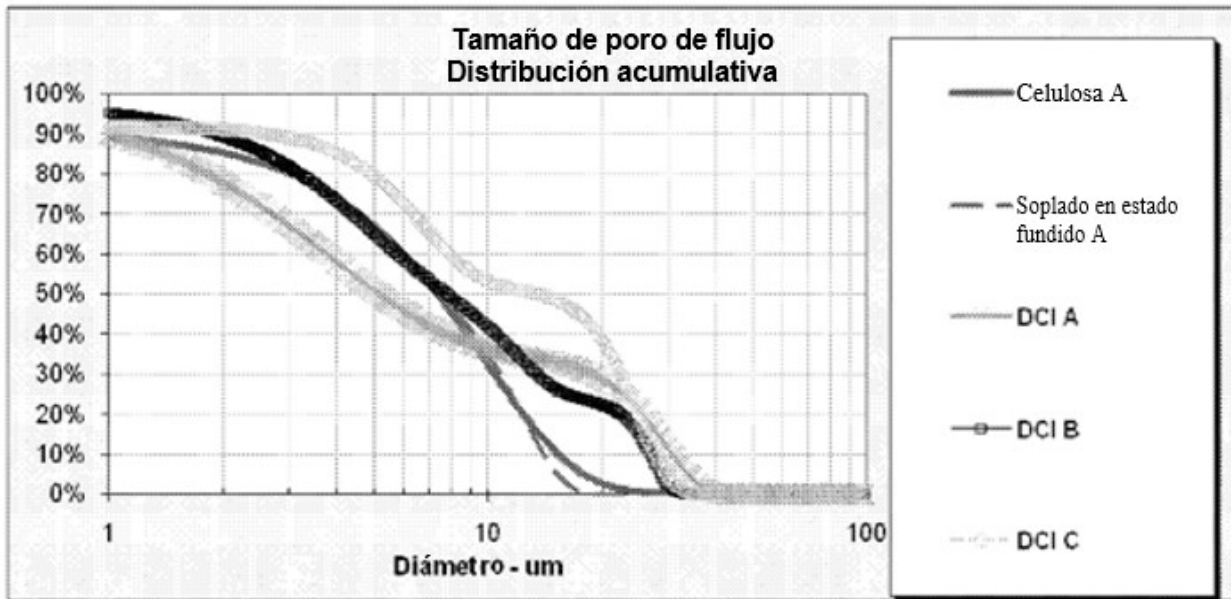


FIG. 10

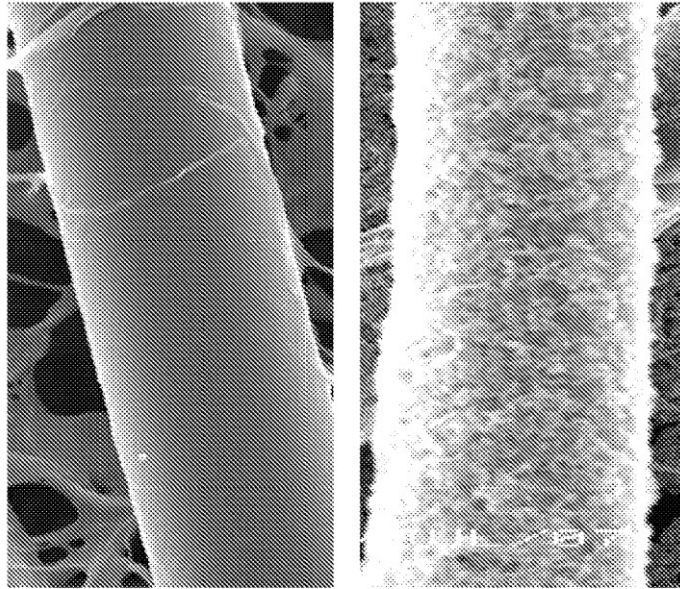


FIG. 11A

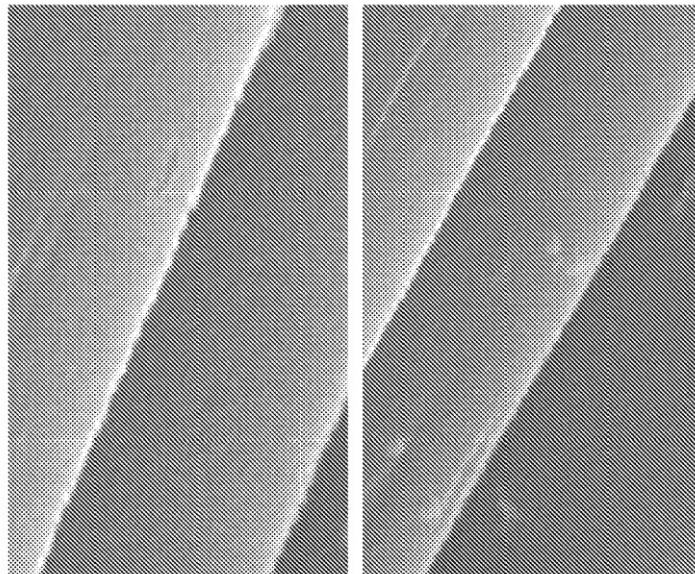


FIG. 11B

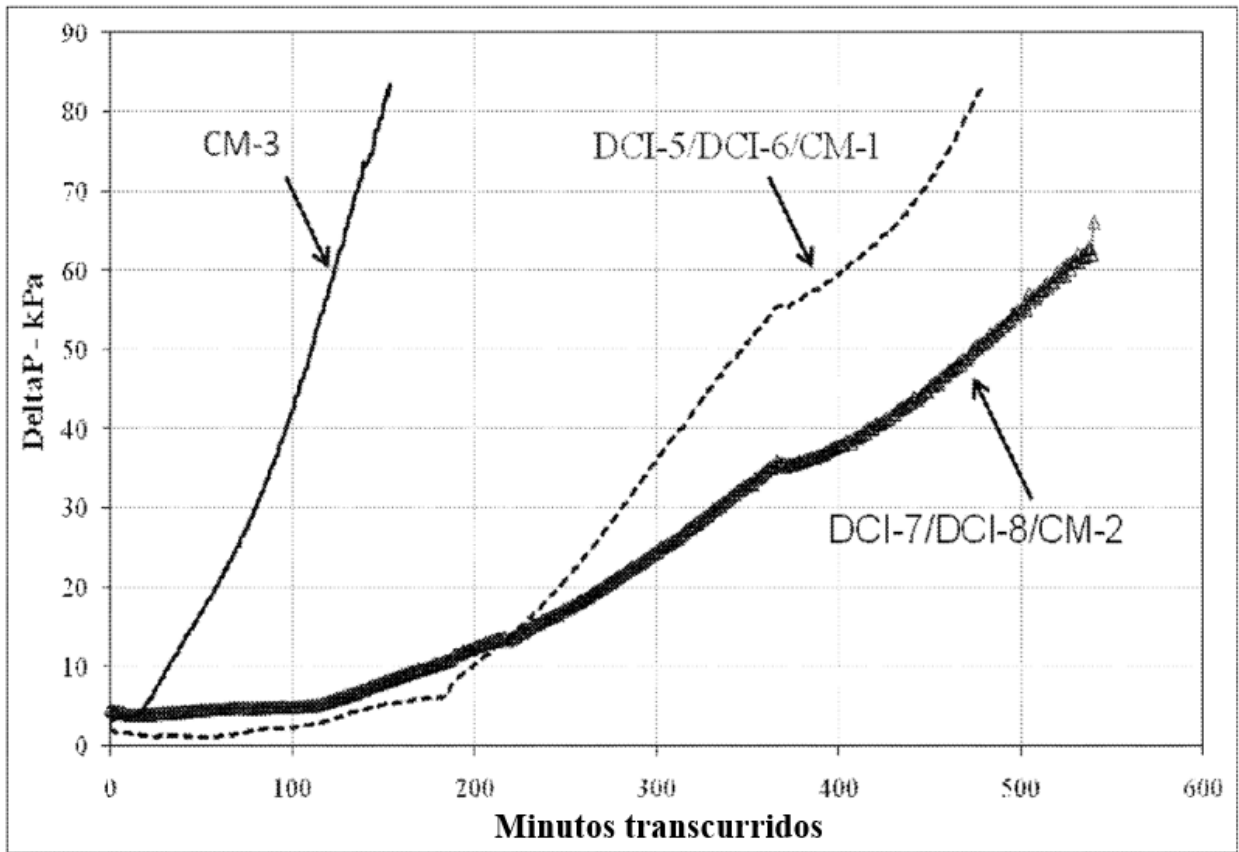


FIG. 12

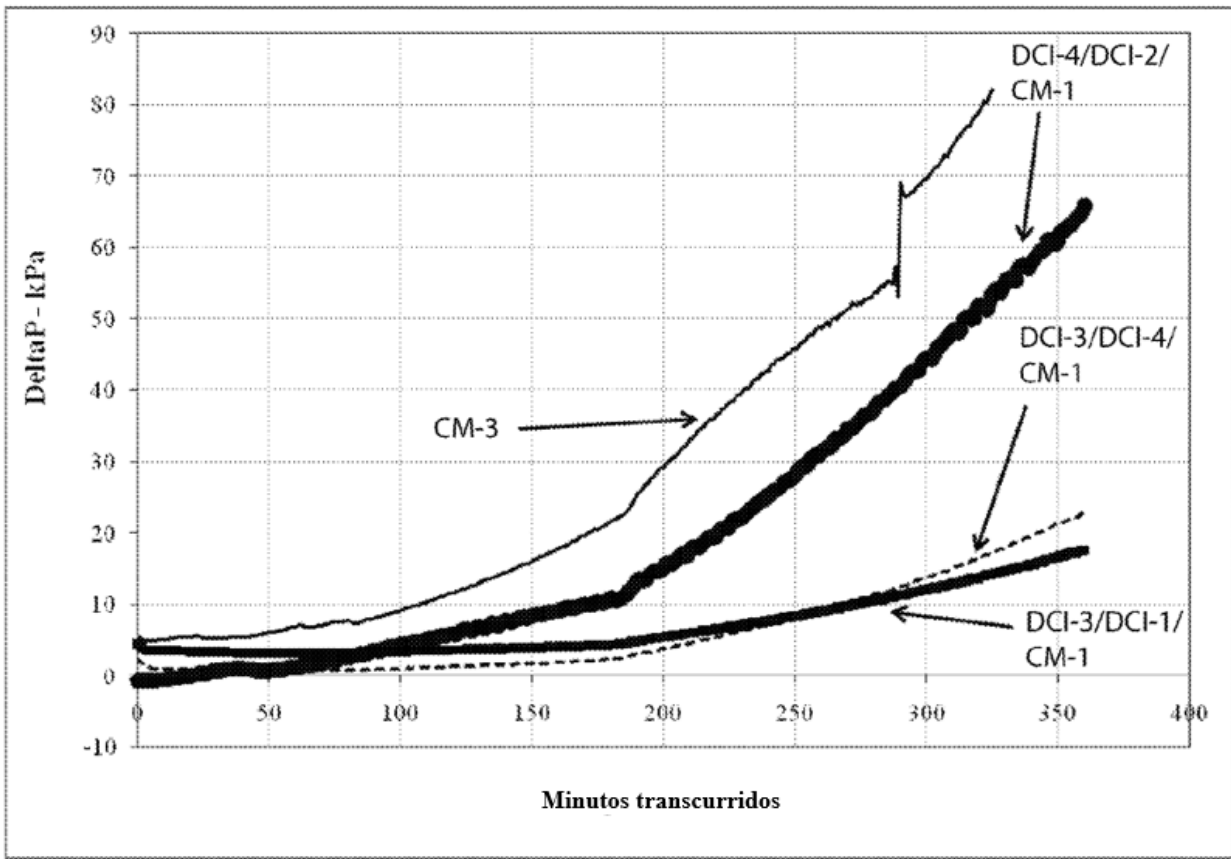


FIG. 13