

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 643 539**

51 Int. Cl.:

B01D 39/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.11.2014 PCT/US2014/064125**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.05.2015 WO15069765**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.11.2014 E 14805716 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.08.2017 EP 3065844**

54 Título: **Filtro de profundidad soplado en estado fundido, procedimiento y máquina para su preparación**

30 Prioridad:

06.11.2013 US 201361900702 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.11.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**STIFTER, TRAVIS GERALD y
AUNE, THOMAS MARTIN**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 643 539 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Filtro de profundidad soplado en estado fundido, procedimiento y máquina para su preparación

5 **Campo**

Esta memoria descriptiva se refiere a cartuchos de filtro de profundidad, a medios soplados en estado fundido y a métodos para su preparación.

10 **Antecedentes de la invención**

Un filtro de profundidad retiene partículas por toda la profundidad de un medio de filtración. Pueden usarse diversos medios para construir un filtro de profundidad, siendo uno de ellos un medio no tejido de filamentos soplados en estado fundido o hilados. Un filtro de profundidad puede tener múltiples capas (o zonas), formando habitualmente la capa que tiene el tamaño de poro más grande una capa aguas arriba y formando la capa que tiene el tamaño de poro más pequeño una capa aguas abajo. Esto es a diferencia de los filtros de superficie, denominados alternativamente filtros de tamiz, que retienen partículas principalmente mediante exclusión por tamaños en o cerca de una capa de separación aguas arriba en vez de por toda la profundidad del filtro. Un filtro de superficie puede proporcionar algo de filtrado de profundidad para partículas por debajo de su tamaño de partícula absoluto nominal, pero la cantidad de filtrado de profundidad está limitado por la falta de grosor del filtro de superficie y el deseo de hacer que cualquier capa detrás de la capa de separación aguas arriba sea tan permeable como sea posible. Un filtro de profundidad puede distinguirse de un filtro de superficie por medio del grosor sustancial del filtro de profundidad, que es normalmente al menos de 5 mm y más a menudo al menos de 10 mm. Un filtro de profundidad está previsto también normalmente en una configuración que proporciona una superficie periférica interna y externa lisa para maximizar su volumen, mientras que un filtro de superficie está normalmente plegado o plisado para maximizar su área superficial.

Un filtro de cartucho es un elemento de filtro extraíble o reemplazable diseñado para colocarse en una carcasa. Algunos filtros de cartucho pueden limpiarse, pero normalmente se desechan al final de su vida útil. Un cartucho de filtro de profundidad puede clasificarse según su capacidad de retención de suciedad (DHC, *dirt holding capacity*), que se mide en gramos de partículas sólidas que puede retener el filtro antes de taponarse. La vida útil de un cartucho se mide como el tiempo que puede hacerse funcionar el elemento de filtro en condiciones específicas antes de alcanzar una caída de presión máxima especificada a través del cartucho de filtro de profundidad. La vida útil de un cartucho puede estar limitada por su DHC o por su capacidad mecánica de resistir a la presión aplicada a medida que se carga con partículas. Otros criterios de clasificación incluyen la eficacia del filtro a la hora de eliminar partículas de un tamaño especificado y la caída de presión de agua limpia del filtro. Por ejemplo, una clasificación de eficacia de eliminación puede especificarse como una eliminación del 90% de las partículas hasta un tamaño micrométrico especificado o como eliminación "absoluta" (que significa el 99%) de las partículas hasta un tamaño micrométrico especificado.

La patente estadounidense número 6.986.427, expedida el 17 de enero de 2006 concedida a Aune *et al.*, describe un medio no tejido soplado en estado fundido útil para un elemento de filtro de profundidad. El medio se prepara dirigiendo una pluralidad de filamentos soplados en estado fundido al lado de un extremo cónico de una estructura tubular. La estructura tubular rota en una espiga giratoria. La longitud de la estructura tubular crece a medida que se añade material a su extremo cónico, al tiempo que la estructura tubular se estira del área de proyección de filamentos a lo largo de la longitud de la espiga. Diferentes filamentos se dirigen a diferentes partes del cono, y una o más características de los filamentos pueden variar a lo largo de la longitud del cono. Esto produce zonas anulares concéntricas en el elemento tubular con una variación correspondiente en la una o más características. Uno o más de otros filamentos soplados en estado fundido pueden aplicarse a través de la longitud del cono para añadir filamentos que se extienden por la profundidad del elemento, atravesando múltiples zonas, para reforzar el medio.

La patente estadounidense número 6.938.781, que comparte una solicitud de prioridad común con la patente estadounidense número 6.986.427, describe un cartucho de filtro de profundidad no tejido que incluye una masa cilíndrica de filamentos poliméricos soplados en estado fundido esencialmente continuos y un filamento polimérico soplado en estado fundido transversal esencialmente continuo que se extiende por la masa. La masa cilíndrica tiene una dimensión de profundidad, una dimensión longitudinal y una dimensión circunferencial. Los filamentos de la masa cilíndrica están orientados generalmente en las dimensiones longitudinal y circunferencial y forman una pluralidad de zonas concéntricas. El filamento transversal se extiende en la dimensión longitudinal por una parte sustancial de una longitud de la masa cilíndrica, al tiempo que se extiende alrededor de la masa cilíndrica en la dimensión circunferencial y se extiende radialmente en la dimensión de profundidad sustancialmente por todo el grosor de dos o más zonas de la masa cilíndrica.

El documento US 5681469 describe un medio de filtración formado por una masa de fibras de soporte y de filtración sopladas en estado fundido no tejidas que están ubicadas conjuntamente de manera integrada unas con otras. Las fibras de soporte tienen, en promedio, diámetros relativamente mayores en comparación con las fibras de filtración que están ubicadas conjuntamente de manera integrada con las mismas.

Cartuchos de filtro de profundidad de polipropileno preparados según las patentes descritas anteriormente se vende por GE Water and Process Technologies en asociación con la marca comercial Z.PLEX. Estos cartuchos tienen diámetros internos de aproximadamente 1 pulgada (2,5 cm) y diámetros externos de aproximadamente 2 ó 2,75 pulgadas (5 ó 7 cm). Se usan en varias aplicaciones de filtración de agua.

Introducción a la invención

La siguiente introducción pretende introducir al lector la descripción detallada para seguir y no limitar ni definir lo reivindicado en la invención. Una invención reivindicada puede ser una subcombinación de elementos o etapas descritos más adelante, o incluir un elemento o una etapa descritos en otras partes de esta memoria descriptiva.

Tal como se indicó anteriormente, los cartuchos de filtro de profundidad comerciales preparados según las patentes estadounidenses número 6.938.781 y 6.986.427 tienen diámetros externos de menos de 3 pulgadas (8 cm). Los filtros de diámetro grande, en particular filtros con diámetros externos nominales de más de 3 pulgadas (8 cm) y hasta 7 pulgadas (18 cm), se construyen normalmente a partir de filtros de superficie en un formato de filtro plisado. Un cartucho de filtro plisado con un diámetro externo nominal de 6,5 pulgadas (16,5 cm) y una longitud de 40 pulgadas (101,5 cm) puede tener un área superficial de aproximadamente 70-80 pies cuadrados (de 6,5 a 7,5 metros cuadrados). Por el contrario, un filtro de profundidad del mismo tamaño tiene un área superficial de aproximadamente 5 pies cuadrados en su superficie externa y de aproximadamente 3 pies cuadrados (0,25 metros cuadrados) en su superficie interna. Debido a esta área superficial limitada, no se espera que un filtro de profundidad convencional tenga una caída de presión de agua limpia baja, por ejemplo menos de 0,5 psi (3,4 kPa) a un caudal de 40 galones estadounidenses (151 litros) por minuto (gpm) en un filtro de 40 pulgadas (101,5 cm) de longitud nominal con una eficacia de eliminación del 90% para partículas por debajo de los 20 micrómetros. Sin embargo, los filtros de profundidad tienen algunas ventajas, incluyendo por ejemplo la capacidad de resistir a la carga superficial con contaminantes orgánicos o emulsionados.

Esta memoria descriptiva describe un elemento de filtro de profundidad tubular que tiene tres o más zonas concéntricas. Cada zona puede estar hecha de un filamento soplado en estado fundido esencialmente continuo. Cada zona está hecha de uno o más filamentos, y el uno o más filamentos de una zona externa tienen un diámetro mayor que el uno o más filamentos de las otras zonas. Un filamento de zona externa se solapa o se cruza o ambos con el filamento de otra zona por al menos el 50 o el 85% de, y preferiblemente por toda, la profundidad de la otra zona. Opcionalmente, uno o más filamentos adicionales pueden atravesar todas las zonas. Una realización a modo de ejemplo tiene 5 zonas.

Esta memoria descriptiva también describe un método de preparación de un elemento de filtro de profundidad. Filamentos soplados en estado fundido se proyectan sobre una espiga rotatoria para formar una masa de filamentos en contacto con un rodillo compactador cónico. Los filamentos se proyectan desde tres o más boquillas que están separadas a lo largo de la longitud de la espiga. Uno de los filamentos está formado en un patrón de proyección que se solapa con al menos el 50 o el 85% de, y preferiblemente todo, el patrón de proyección de un filamento adyacente. Preferiblemente, el patrón de proyección solapante se produce desde una boquilla que forma una zona externa que forma un ángulo de al menos 10 grados en relación con una línea normal con respecto a la espiga hacia la siguiente zona.

Un elemento de filtro de profundidad descrito en el presente documento proporciona una alternativa útil a los cartuchos de filtro existentes. El elemento de filtro de profundidad puede usarse, por ejemplo, para proporcionar un filtro con un diámetro exterior de al menos 4,5 pulgadas (11,5 cm), que tiene una vida útil significativa y una caída de presión de agua limpia baja.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una fotografía de un cartucho de filtro de profundidad tomada desde su lado derecho.

La Figura 2 es una fotografía del cartucho de filtro de profundidad de la Figura 1 tomada desde su lado izquierdo.

La Figura 3 es una vista de extremo esquemática del cartucho de filtro de profundidad de la Figura 1 cuando está formándose.

La Figura 4 es un dibujo esquemático de una máquina para preparar el cartucho de filtro de profundidad de la Figura 1.

La Figura 5 es un gráfico de resultados experimentales que muestran la capacidad de retención de suciedad de cartuchos de filtro de profundidad de cuatro y cinco zonas comparativos y un cartucho de filtro de profundidad de la Figura 1.

La Figura 6 es un gráfico de resultados experimentales que muestran la vida útil de los cartuchos de filtro de profundidad sometidos a prueba en la Figura 5.

Descripción detallada

5 Un lenguaje de aproximación, tal como se usa en el presente documento por toda la memoria descriptiva y las reivindicaciones, puede aplicarse para modificar cualquier cantidad que pueda variarse sin dar como resultado un cambio en la función básica con la que esté relacionada. Por consiguiente, un valor modificado por un término o términos tales como “aproximadamente” no se limita al valor preciso especificado. En algunos casos, el lenguaje de aproximación puede corresponder a la precisión de un instrumento para medir el valor. Las limitaciones de intervalo pueden combinarse y/o intercambiarse, y tales intervalos, y todos los subintervalos, se incluyen en el presente documento a menos que el contexto o el lenguaje indique lo contrario. Aparte de en los ejemplos de funcionamiento o cuando se indique lo contrario, todos los números o expresiones que se refieren a cantidades de materiales, condiciones de proceso y similares, usados en la memoria descriptiva y las reivindicaciones, deben entenderse como modificados en todos los casos por el término “aproximadamente”.

20 “Opcional” o “preferible” y términos similares significan que el evento o la circunstancia descrito posteriormente puede producirse o no, o que el material identificado posteriormente puede estar presente o no, y que la descripción incluye casos en los que el evento o la circunstancia se produce o en los que el material está presente, y casos en los que el evento o la circunstancia no se produce o el material no está presente. El término “puede” se usa para indicar condiciones que podrían estar presentes o no.

25 Tal como se usa en el presente documento, los términos “comprende”, “que comprende”, “incluye”, “que incluye”, “tiene”, “que tiene” o cualquier otra variación de los mismos, pretenden cubrir una inclusión no excluyente. Por ejemplo, un procedimiento, método, artículo o aparato que comprende una lista de elementos no está necesariamente limitado sólo a esos elementos, sino que puede incluir otros elementos no listados expresamente o inherentes a tal procedimiento, método, artículo o aparato. Las formas en singular “un”, “una” y “el/la” incluyen las referencias en plural a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

30 Haciendo referencia a las Figuras 1 y 2, un cartucho de filtro de profundidad 10 tiene un elemento de filtro de profundidad tubular 12, una tapa de extremo de lado izquierdo 14 y una tapa de extremo de lado derecho 16. Las palabras “lado izquierdo” y “lado derecho” son arbitrarias y se usarán en esta descripción meramente para proporcionar un medio para describir el cartucho 10 tal como está orientado en las figuras. El cartucho 10, o una parte del mismo, también puede describirse como que tiene una longitud (medida en una dimensión longitudinal en paralelo a una línea entre los lados izquierdo y derecho del cartucho), una circunferencia (medida en una dimensión circunferencial a lo largo de un círculo en perpendicular a la dimensión longitudinal) o una profundidad (medida en una dimensión radial en perpendicular a la dimensión circunferencial).

40 Las tapas de extremo 14, 16 pueden estar hechas de un material termoplástico y preferiblemente están unidas térmicamente a cada extremo del elemento de filtro de profundidad 12 para formar un sello con los extremos del elemento de filtro de profundidad 12. Alternativamente, las tapas de extremo 14, 16 pueden estar unidas al elemento de filtro de profundidad 12 mediante un adhesivo o mediante otro medio conocido en la técnica. Las tapas de extremo 14, 16 separan a nivel de fluido el exterior del elemento de filtro de profundidad 12 del centro hueco del elemento de filtro de profundidad 12. Preferiblemente, un tubo de núcleo poroso (no visible) se extiende por el centro hueco del elemento de filtro de profundidad 12 y está acoplado y sellado a las tapas de extremo 14, 16.

50 El cartucho de filtro de profundidad 10 se usa normalmente tras insertarlo en una carcasa o vaina, no mostrada. La carcasa puede contener un, o más de un, cartucho 10. En un modo de filtración de fuera a dentro, agua de alimentación que debe filtrarse fluye a través de una entrada a una cámara definida por el interior de la carcasa y el exterior del cartucho 10. El agua de alimentación fluye entonces a través del elemento de filtro de profundidad 12 y el agua filtrada se recoge en el centro hueco del elemento de filtro de profundidad 12 o el tubo de núcleo. Una o ambas de las tapas de extremo 14, 16 tienen una abertura para el agua filtrada conectada a una salida de la carcasa. En el cartucho 10 mostrado, la tapa de extremo de lado izquierdo 14 incluye un adaptador 18 y un sello 20, que se conectan a una salida de la carcasa. El sello 20 es una junta tórica ubicada en una ranura en el adaptador 18. Alternativamente, un sello 20 puede formarse encapsulando un material elastomérico en una ranura para proporcionar una junta de estanqueidad anular plana alrededor de un adaptador 18 que está en forma de un agujero sencillo, o mediante otro medio conocido en la técnica.

60 Haciendo referencia a la Figura 3, el elemento de filtro de profundidad 12 comprende una pluralidad de capas o zonas de medio 22 por su profundidad. Preferiblemente, las zonas disminuyen en su tamaño de retención (tamaño de partícula eliminado a una eficacia dada) desde la superficie exterior 24 hasta la superficie interior 26 del elemento de filtro de profundidad 12. Por tanto, las partículas grandes se retendrán cerca de la superficie exterior 24 y partículas progresivamente más pequeñas se retendrán a medida que la alimentación pasa hacia dentro a través del elemento de filtro de profundidad 12. Aunque las zonas 22 se ilustran con una línea nítida entre las mismas por facilidad de ilustración, en la práctica puede haber una transición más gradual, o un área de transición, entre las zonas 22. Aunque se prefieren 5 zonas 22, tal como se muestra, puede haber más o menos zonas. En el elemento

de filtro de profundidad 12 de las Figuras 1 y 2, cada una de sus cinco zonas 22 tiene un diámetro de filamento y un tamaño de retención diferentes, disminuyendo tanto el diámetro de filamento como el tamaño de retención hacia la superficie interior 26. Opcionalmente dos o más zonas 22 pueden tener el mismo diámetro de filamento o tamaño de retención, pero preferiblemente al tiempo que todavía proporciona una disminución global en el tamaño de retención hacia la superficie interior 26 para el elemento de filtro de profundidad 12 en su conjunto.

En el ejemplo de las Figuras 1 y 2, el elemento de filtro de profundidad 12 tiene un diámetro exterior de aproximadamente 6,5 pulgadas (16,5 cm) y un diámetro interior de aproximadamente 3 pulgadas (7,5 cm). La longitud del cartucho 10 es de aproximadamente 38 pulgadas (96,5 cm), que se corresponde con una longitud nominal de 40 pulgadas (101,5 cm). El adaptador 18 es un accesorio de tipo convencional 226, aunque pueden usarse otros accesorios adecuados. Las dimensiones del cartucho 10 también pueden variarse. Por ejemplo, el diámetro exterior puede ser mayor o menor, preferiblemente en el intervalo de 3 pulgadas a 9 pulgadas (de 7,5 a 23 cm), o de 4,5 pulgadas a 7 pulgadas (de 11,5 a 18 cm). La longitud también puede ser mayor o menor, por ejemplo puede prepararse un cartucho de 60 pulgadas (152,5 cm) nominales. Opcionalmente puede proporcionarse un filtro de superficie dentro del elemento de filtro de profundidad 12 de la manera descrita en la publicación internacional número WO 2012/034028, que se incorpora como referencia. En este caso, el filtro de superficie puede, por ejemplo, descansar sobre un tubo de núcleo que tiene un diámetro exterior de entre aproximadamente 1,1 pulgadas (2,79 cm) y 3 pulgadas (7,5 cm) y extenderse hasta un diámetro exterior del filtro de superficie interno de entre aproximadamente 2 pulgadas y 4,5 pulgadas (5 y 11,5 cm).

El cartucho 10 de las Figuras 1 y 2 está hecho de un elemento de filtro de profundidad 12 de polipropileno (PP) y tapas de extremo 14, 16 de ABS acopladas con un adhesivo. Se pretende que las tapas de extremo 14, 16 se reemplacen en realizaciones comerciales por tapas de extremo 14, 16 de PP soldadas térmicamente al elemento de filtro de profundidad 12 para proporcionar un cartucho conforme con el contacto con alimentación 10. Otros materiales útiles para formar el elemento de filtro de profundidad 12 incluyen, por ejemplo, otras poliolefinas tales como polietileno, celulosa, poliamidas, poliésteres y fibras minerales tales como fibra de vidrio. Pueden usarse múltiples materiales en un único cartucho 10.

El elemento de filtro de profundidad 12 puede estar hecho de medios soplados en estado fundido, en los que cada zona 22 es una masa formada de uno o más filamentos poliméricos esencialmente continuos. Tal como se describirá más adelante en relación con la Figura 4, cada zona 22 está hecha de polímero suministrado desde un sistema de suministro de filamentos soplados en estado fundido. Sujeta a la posibilidad de roturas aleatorias, cada zona 22 está hecha de un único filamento esencialmente continuo. Los filamentos que constituyen las zonas 22 se extienden principalmente en las direcciones longitudinal y circunferencial. Preferiblemente, el elemento de filtro de profundidad 12 también comprende uno o más filamentos de zonas múltiples 32. Los filamentos de zonas múltiples 32 son filamentos poliméricos esencialmente continuos que se extienden en la dimensión de profundidad entre dos o más zonas 22, preferiblemente entre todas las zonas 22. En la Figura 3 (y en el cartucho de las Figuras 1 y 2) los filamentos de zonas múltiples 32 incluyen filamentos estáticos 28 y filamentos Z 30 tal como se describe en las patentes estadounidenses número 6.938.781 y 6.986.427.

Tal como se describirá adicionalmente en relación con la Figura 4, los filamentos que constituyen las zonas 22 se acumulan en una masa de capa sobre capa al proyectarse desde posiciones separadas longitudinalmente contra un extremo cónico rotatorio del elemento de filtro de profundidad 12 que está formándose. Los filamentos de zonas múltiples 32 se proyectan de manera similar contra el extremo cónico rotatorio del elemento de filtro de profundidad 12 que está formándose, pero estos filamentos 32 se proyectan en un patrón que se extiende longitudinalmente a través de múltiples zonas 22. Un filamento de zonas múltiples 32 principalmente no es responsable de formar ninguna zona particular 22. Los filamentos de zonas múltiples 32 proporcionan colectivamente menos del 50% de la masa de filamentos en cualquier zona.

Los filamentos de zonas múltiples 32, entre otras cosas, mejoran la unión fibra a fibra y proporcionan un elemento de enclavamiento a la estructura mecánica de los otros filamentos. En particular, la masa del filamento o filamentos estáticos 28 es la más alta, al menos en una base por unidad de volumen, pero preferiblemente también en una base absoluta, en la zona o zonas más internas 22. El diámetro del filamento o filamentos estáticos 28 puede ser aproximadamente el mismo que o mayor que el diámetro de los filamentos usados en la zona más interna 22. Un filamento estático 28 refuerza las zonas internas 22, que de lo contrario serían débiles en el caso de compresión dado el pequeño diámetro de filamento usado en las zonas internas 22 para proporcionar la retención de partículas pequeñas.

El filamento o filamentos Z 30 se proyectan en un patrón oscilante (en vez de desde un sistema de suministro fijo) a través del extremo cónico rotatorio del elemento de filtro de profundidad 12 que está formándose. La oscilación del sistema de suministro de un filamento Z 30 proporciona una masa de filamentos que está concentrada (es decir tiene áreas de mayor y menor densidad) en la dirección circunferencial mientras que un filamento estático 28 y los filamentos que constituyen las zonas 22 tienen una densidad homogénea en la dimensión circunferencial. Un filamento Z 30 une de ese modo múltiples zonas 22, preferiblemente todas las zonas 22, junto con regiones resistentes a la compresión sin aumentar enormemente la densidad del elemento de filtro de profundidad 12 en su conjunto. La masa del filamento o filamentos Z 30 es preferiblemente de entre el 2 y el 20% de la masa del elemento

de filtro de profundidad 12. Opcionalmente, la densidad por unidad de volumen del filamento Z 30 puede ser mayor en zonas internas 22 para reforzar adicionalmente estas zonas. Por ejemplo, el filamento Z 30 puede constituir aproximadamente el 25% de la masa de filamentos en la zona más interna 22 y aproximadamente el 3% de la masa de filamentos en la zona más externa 22.

5 Tal como se muestra en la Figura 3, el elemento de filtro de profundidad 12 mostrado tiene cinco zonas 22 marcadas, desde la zona más interna hasta la zona más externa, como zonas 22A a zona 22E. Estas zonas 22 también pueden denominarse zonas 22 primera a quinta respectivamente. La zona externa o quinta 22E incluye una parte libre 32 y una parte solapante 34. La parte solapante 34 se extiende por al menos el 50 o el 85% de, y
10 preferiblemente toda, al menos otra zona 22. Por ejemplo, la parte solapante 34 en la Figura 3 se extiende a través de toda la cuarta zona 22D y parcialmente al interior de la tercera zona 22C. Opcionalmente, pero no preferiblemente, la parte libre 32 puede omitirse. En un elemento de filtro de profundidad 12 con más o menos de 5 zonas 12, la última zona está hecha tal como se describe para la quinta zona 22 anteriormente.

15 Preferiblemente, aunque no se muestra en la Figura 3, se añade una capa delgada de fibras de unión sobre la zona más externa 22 tal como se describe en las patentes estadounidenses número 6.938.781 y 6.986.427. Las fibras de unión reducen el aspecto de bucles de filamentos sueltos y proporcionan una jaula protectora sobre la superficie externa del elemento de filtro de profundidad 12. Estas fibras de unión también pueden contraerse cuando se
20 enfrían, lo que proporciona rugosidad para aumentar el área superficial eficaz del elemento de filtro de profundidad 12.

Aunque las figuras se refieren a filtros cilíndricos, pueden aplicarse los mismos principios a una lámina plana o un producto plano. Un producto plano de este tipo puede producirse a lo largo de una mesa plana, oscilando los
25 proyectores de filamento a través de la anchura de la mesa o cortando un elemento de filtro de profundidad preparado sobre una espiga cilíndrica grande a lo largo de su longitud para obtener una lámina de material.

La Figura 4 muestra un sistema 110 para preparar un medio de filtro de profundidad tubular de manera continua hasta una longitud indefinida. El medio puede cortarse entonces en una pluralidad de elementos de filtro de
30 profundidad individuales 12 de longitud deseada. Este sistema es similar al sistema descrito en las patentes estadounidenses número 6.938.781 y 6.986.427, por ejemplo la Figura 5 de la patente estadounidense número 6.938.781, pero con la adición de un sistema de suministro de filamentos para proporcionar una quinta zona 22.

El sistema 110 incluye una extrusora de tipo tornillo accionada por motor 112, que se suministra con material polimérico termoplástico desde una fuente (no mostrada). Se prefiere el polipropileno, pero también pueden usarse
35 otros materiales tales como poliésteres, Nylon™ o poliuretanos para algunos de o todos los filamentos. Dentro de la extrusora 112, el material polimérico se calienta hasta un estado fundido, momento en el cual se dosifica y se transporta a líneas de suministro calentadas 114. El material se transporta a dos sistemas de suministro de filamentos 116 y 118.

40 El sistema de suministro de filamentos 116 incluye, para cada una de las cinco boquillas 127, 128, 129, 216 y 217, una bomba dosificadora de desplazamiento positivo de tipo engranaje accionada por motor 120 que recibe material polimérico fundido de la línea de suministro calentada 114 y lo bombea al bloque de calentador 122. La velocidad del motor 124 que acciona la bomba dosificadora 120, y por tanto la tasa a la que el material se dosifica mediante la bomba 120 se controla electrónicamente mediante un controlador apropiado 126. El motor 124 y el controlador 126
45 se muestran sólo para la boquilla 127 para simplificar la figura, pero normalmente también se proporcionaría uno para cada una de las boquillas 128, 129, 216 y 217.

Cada bloque de calentador 122, que se calienta independientemente a través de medios de calentamiento (no mostrados), está dotado de un paso interno que conduce hasta una de las boquillas 127, 128, 129, 216 y 217. Los
50 medios de calentamiento, y por tanto la temperatura del material polimérico dentro del bloque de calentador 122, se controlan mediante el control de temperatura 130. Cada boquilla 127, 128, 129, 216 y 217 incluye un orificio, cuyo tamaño puede seleccionarse según se desee para ayudar a conseguir un tamaño o diámetro de filamento deseado. El material fundido alimentado a cada boquilla 127, 128, 129, 216 y 217 sale del respectivo orificio en una corriente. Preferiblemente, el tamaño de los orificios aumenta a través de las boquillas 127, 128, 129, 216 y 217 del lado
55 derecho al izquierdo de la Figura 4, de modo que la boquilla 127 tiene el orificio más pequeño y la boquilla 217 tiene el orificio más grande.

Con cada boquilla 127, 128, 129, 216 y 217 están asociados mecanismos de atenuación 131, 132, 133, 218 y 219, que comprenden una pluralidad de chorros de gas o de aire. El gas que fluye hacia fuera de los mecanismos de
60 atenuación 131, 132, 133, 218 y 219 funciona atenuando la corriente de material fundido que sale de las boquillas 127, 128, 129, 216 y 217 para formar filamentos poliméricos de una manera conocida en la técnica. Por consiguiente, los mecanismos de atenuación 131, 132, 133, 218 y 219 pueden ser de cualquier diseño conocido en la técnica incluyendo el descrito en la patente estadounidense n.º 4.173.443 de Lin.

65 Los mecanismos de atenuación 131, 132, 133, 218 y 219 están asociados con un calentador de gas 134 y una fuente de suministro de gas 136 opcionales. La fuente de suministro de gas 136 proporciona gas a través del

conducto 138 y válvulas y reguladores apropiados al calentador 134. La temperatura del calentador 134 se eleva o se reduce hasta la temperatura deseada por medio del control de temperatura 140. El gas se alimenta entonces desde el calentador 134 a través del conducto 142 a un mecanismo de atenuación 131. Puede proporcionarse gas a los mecanismos de atenuación 131, 132, 133, 218 y 219 desde una fuente de suministro común o alternativamente pueden emplearse fuentes de gas controladas por separado para cada mecanismo de atenuación 131, 132, 133, 218 y 219. En el caso de un suministro de gas común, normalmente se proporcionan válvulas de control de flujo (no mostradas), de modo que cada mecanismo de atenuación 131, 132, 133, 218, 219 puede recibir aire a una tasa diferente.

El sistema de suministro de filamentos 118 es sustancialmente similar al del sistema 116 descrito anteriormente, excepto porque el sistema de suministro de filamentos 118 incluye preferiblemente un medio de suministro de los filamentos, de tal manera que se entremezcle activamente con filamentos producidos por una o más de las boquillas usadas en el sistema 116. El sistema de suministro de filamentos 118 puede incluir una o más boquillas de extrusión poliméricas. Una realización usa una boquilla 144 y un atenuador 154 conectado a un mecanismo de barrido. Específicamente, el sistema 118 incluye un bloque de calentador 146, una bomba dosificadora de desplazamiento positivo accionada independientemente 148 y un motor 150. El bloque de calentador 146 está dotado de un control de temperatura 152. El sistema 118 también está dotado de un mecanismo de atenuación 154 asociado con la boquilla 144. Se hace pasar gas a presión al mecanismo de atenuación 154 desde la fuente de suministro de gas 156 a través del conducto 158. Como con el sistema de suministro 116, cada uno de los atenuadores en el sistema 118 puede estar asociado con calentadores de gas opcionales, no mostrados. La provisión de sistemas de suministro de filamentos 116 y 118 independientes permite un control y una producción independientes de filamentos poliméricos producidos por cada parte del sistema 116 y del sistema 118.

Los sistemas de suministro 116 y 118 producen corrientes de filamentos poliméricos esencialmente continuos, diferenciados, que se distribuyen en patrones acampanados 166, 168, 170, 220, 221, 172 y 228 dirigidos desde boquillas 127, 128, 129, 216, 217, 144, 224 y mecanismos de atenuación 131, 132, 133, 218, 219, 154 y 226 respectivamente, hacia el dispositivo de recogida de filamentos 174. Hay preferiblemente cierto solapamiento en patrones de filamentos adyacentes 166, 168, 170 y 220 de modo que los filamentos de cada patrón se conectan con los filamentos de los respectivos patrones adyacentes, dando como resultado una masa de filamentos tubular integrada. Además, el patrón de filamentos 221 se solapa con al menos la mitad del patrón 220, opcionalmente al menos el 85% del patrón 220, preferiblemente todo el patrón 220, y más preferiblemente también parte del patrón 170. El dispositivo de recogida de filamentos 174 incluye un dispositivo de recogida rotatorio, central, 176 tal como una espiga o tambor, que se extiende desde el motor de accionamiento 178. Un elemento de rodillo compactador 180, que rota alrededor del cuerpo de eje 181, está dispuesto adyacente a la espiga 176 y separado con respecto a la misma.

Durante el funcionamiento, los filamentos poliméricos esencialmente continuos de corrientes 166, 168, 170, 220 y 221 se dirigen en un patrón acampanado hacia la espiga rotatoria 176 y se recogen sobre la misma. Aunque se muestra la espiga 176, se contempla que también puedan usarse otros dispositivos de recogida, tal como tambores de diámetro grande. Simultáneamente, una corriente alternante u oscilante 172 deposita una corriente de fibra o filamento esencialmente continuo que abarca la distancia entre un borde alejado 182 de la corriente 166 y un borde alejado 184 de la corriente 221 y atraviesa las capas de filamentos depositadas por las corrientes 166, 168, 170, 220 y 221. El rodillo compactador rotatorio 180 engancha los filamentos que se han acumulado sobre la espiga rotatoria 176. Como se acumulan suficientes filamentos sobre la espiga 176, el rodillo compactador 180 fuerza una estructura de fibra o de masa de filamentos no tejida 186 fuera del extremo axial de la espiga 176 en el sentido de la flecha 188 para producir una masa de filamentos continuos 186 de longitud indefinida. La masa de filamentos 186 tiene una dimensión radial, una dimensión longitudinal y una dimensión circunferencial. Todo el dispositivo de recogida de filamentos 174 puede ser similar al descrito en la patente estadounidense n.º 4.240.864 de Lin.

Las boquillas 127, 128, 129, 216 y 217 están alineadas longitudinalmente a lo largo de un eje común 190, que preferiblemente está desviado aproximadamente 0-15 grados con respecto a en paralelo a la espiga 176. Cada boquilla 127, 128, 129, 216 y 217 incluye un orificio que define un eje 192, 194, 196, 193 y 195 respectivamente. Los ejes 192, 194, 196 y 193 son preferiblemente perpendiculares al eje 190 y están desviados aproximadamente 0-15 grados con respecto a en perpendicular a la espiga 176. Los ejes 192, 194, 196, 193 y 195 corresponden generalmente al eje de flujo de polímero fundido que sale del respectivo orificio de boquilla. Esta orientación da como resultado patrones de filamentos acampanados 166, 168, 170, 220 y 221 que se dirigen hacia la espiga 176. El patrón de filamentos 221 forma preferiblemente un ángulo hacia dentro, hacia el patrón de filamentos 170, para ayudar a proporcionar un solapamiento del patrón de filamentos 221 con el patrón de filamentos 220 y opcionalmente el patrón de filamentos 170. El patrón de filamentos 221 forma preferiblemente un ángulo, disponiendo la boquilla 217 en ángulo hacia dentro. Opcionalmente, el atenuador 219 también puede formar un ángulo hacia dentro.

Como ejemplo no limitativo, los filamentos poliméricos de patrones de filamentos 166, 168, 170, 220 y 221 pueden producirse extruyendo polipropileno calentado hasta una temperatura de entre aproximadamente 325 grados C y aproximadamente 400 grados C a una tasa de aproximadamente 5 a 20 libras (de 2,5 a 9 kg) por hora por boquilla, al tiempo que se hace pasar un gas ambiental a una temperatura de aproximadamente 25 grados C a una tasa de

aproximadamente 10 a 20 pies cúbicos estándar (de 0,3 a 0,6 metros cúbicos) por minuto sobre la corriente de polímero fundido que sale del orificio de boquilla. La espiga 176 puede rotar a entre 600 y 1000 rpm.

El patrón de filamentos 172 comprende un patrón 172A, que se mueve en un patrón transversal, alternante, cubriendo preferiblemente la distancia entre los bordes de patrón primarios 182 y 184. Alternativamente, el patrón de filamentos 172 cubre menos de la distancia entre los bordes 182 y 184. El patrón de filamentos 172 se origina preferiblemente desde una o más boquillas 144 ubicadas en una posición por encima o por debajo del rodillo compactador 180 de modo que el patrón 172 se desplace desde la boquilla 144 hasta la espiga 176 y se posa sobre la masa de filamentos en formación 186 sin proyectar directamente sobre el rodillo compactador 180.

El mecanismo de atenuación 154 incluye preferiblemente un mecanismo de barrido servoaccionado 198 que permite que el mecanismo de atenuación 154 o la boquilla 144 realice un barrido por un ángulo, de modo que el patrón de filamentos 172A atraviese hacia delante y hacia atrás entre los patrones de fibras 166, 168, 170, 220 y 221 a lo largo de una dimensión longitudinal de la masa de filamentos 186. A medida que el patrón 172A atraviesa los patrones de fibras 166, 168, 170, 220 y 221, deposita filamentos poliméricos esencialmente continuos por el patrón de deposición global que se extiende entre los bordes de patrón primarios 182 y 184.

En una realización preferida, el mecanismo de barrido 198 comprende un motor de servoaccionamiento con un mecanismo de leva y de seguidor. Otros dispositivos adecuados, tales como cigüeñales mecánicos accionados por CA/CC y mecanismos de biela, por ejemplo, también son aceptables. En una realización preferida, el mecanismo de barrido 198 funciona a aproximadamente de 800 a 1000 oscilaciones por minuto. Tal como se representa, el mecanismo de atenuación 154 de la boquilla 144 está orientado para producir corrientes de gas que dan como resultado que el patrón de filamentos acampanado 172 se dirija hacia la espiga 176.

Preferiblemente, la fibra del patrón de filamentos 172 está todavía relativamente líquida cuando entra en contacto con las fibras de patrones de filamentos 166, 168, 170, 220 y 221. Debido a que no se ha formado completamente una piel o vaina sobre la fibra del patrón de filamentos 172, se adhiere instantáneamente a las fibras de patrones de filamentos 166, 168, 170, 220 y 221 tras el contacto. Sin embargo, se requiera cierta atenuación o enfriamiento de la fibra del patrón de filamentos 172 para evitar la fusión de las fibras de patrones de filamentos 166, 168, 170, 220 y 221.

Como ejemplo no limitativo, se producen filamentos poliméricos del patrón de filamentos 172 en el filtro de profundidad de la presente invención haciendo pasar polipropileno calentado hasta una temperatura de entre aproximadamente 325 grados C y aproximadamente 400 grados C a través de una boquilla que tiene un tamaño de orificio de aproximadamente 0,016 pulgadas (0,04 cm) a una tasa de aproximadamente 8 libras (4 kg) por hora y haciendo pasar un gas ambiental a una temperatura de aproximadamente 25 grados C a una tasa de aproximadamente 7 pies cúbicos estándar (0,2 metros cúbicos) por minuto por encima de la corriente de polímero fundido que sale del orificio de boquilla. También pueden usarse otras combinaciones de parámetros adecuadas.

Se produce una masa acumulada de filamentos 186 sobre la espiga 176. El patrón de filamentos 172 comprende un patrón de filamentos en forma de cono alternante 172A, que hace un barrido entre los bordes del patrón 182 y 184 para producir un patrón en forma de cono más ancho en global 172. En una realización, el rodillo compactador 180 está orientado a un ángulo en relación con la espiga 176 con la cabeza 200 en contacto con la espiga 176. Como ejemplo no limitativo, la superficie externa 202 del rodillo compactador 180 está desplazada angularmente en aproximadamente de 1 a 10 grados en relación con la espiga 176. En una realización, la cabeza 200 entra en contacto con la espiga 176 cerca del borde 182 del patrón de filamentos 166. Debido a la colocación angular del rodillo compactador 180, la compresión de los filamentos en la masa de filamentos colectiva 186 varía a lo largo de la longitud de rodillo compactador 180. Esto da como resultado una masa de filamentos que tiene un gradiente de densidad variable en la dimensión radial, siendo la densidad de filamentos del patrón de filamentos 166 generalmente mayor que la de las masas de filamentos compuestas por los patrones de filamentos externos.

Las fibras de los patrones de filamentos 166, 168, 170, 220 y 221 forman una estera o capa de material generalmente bidimensional que se forma de manera continua sobre la espiga 176 para acumular la masa de filamentos 186 compuesta por muchas capas de fibras. Estas fibras pueden describirse como depositadas en un plano X-Y, o en las dimensiones longitudinal y circunferencial (o latitudinal). A medida que las fibras se acumulan, capa sobre capa, producen una dimensión radial o de profundidad. El movimiento de barrido del patrón de filamentos 172A, combinado con la rotación de la espiga 176, provoca que las fibras que proceden de la boquilla 144 se integren en la masa 186 como fibra en la dirección "z", que se extiende radialmente por las zonas producidas por los patrones de filamentos 166, 168, 170, 220 y 221. Los patrones de filamentos 166, 168, 170, 220 y 221 producen las zonas 22 mostradas en la Figura 3. El filamento Z 30 de la Figura 3 se produce mediante el patrón de filamentos 172. El filamento Z 30 se coloca preferiblemente de manera continua desde el interior hasta el exterior y de vuelta al interior de las zonas 22 durante aproximadamente 120 grados o menos de rotación del elemento de filtro de profundidad 12.

El sistema 110 preferiblemente incluye además un sistema de suministro de filamentos 214, que es sustancialmente similar al del sistema 116 descrito anteriormente, excepto porque el sistema de suministro de filamentos 214 incluye

preferiblemente un medio de suministro de los filamentos, de tal manera que se entremezclan con filamentos producidos por una o más de las boquillas usadas en el sistema 116. El sistema de suministro de filamentos 214 puede incluir una o más boquillas de extrusión poliméricas. Una realización usa una boquilla 224 con atenuador 226, situado a un ángulo agudo en relación con la espiga 176 para suministrar un patrón o corriente de filamentos 228 que entra en contacto con la masa de filamentos 186 en un patrón elíptico, que se entremezcla con patrones de filamentos 166, 168, 170, 220 y 221 y los del sistema de suministro de filamentos 118.

Específicamente, el sistema 214 incluye un bloque de calentador 230, una bomba dosificadora de desplazamiento positivo accionada independientemente 232 y un motor 234. El bloque de calentador 230 está dotado de una boquilla 224 y un control de temperatura 236. El sistema 214 también está dotado de un mecanismo de atenuación 226 asociado con la boquilla 224. Se hace pasar gas a presión al mecanismo de atenuación 226 desde la fuente de suministro de gas 238 a través del conducto 240. Como con el sistema de suministro 116, atenuadores 226 pueden estar asociados con un calentador de gas opcional, no mostrado. La provisión de sistemas de suministro de filamentos 118 y 214 independientes permite el control y la producción independientes de filamentos poliméricos producidos por cada sistema 118 y 214, aunque cada uno de los sistemas de suministro de filamentos 118 y 214 produce filamentos que atraviesan la masa de filamentos 186 en una dimensión radial, o z. En una realización, la fuente de material para el sistema de suministro de filamentos 214 es la extrusora 112 a través de la línea de suministro 114; en otra realización, la fuente de material para el sistema 214 es independiente, para proporcionar materiales alternativos a los usados en sistemas de suministro de filamentos 116, 118 y 214.

El sistema de suministro 214 produce una corriente de un filamento polimérico esencialmente continuo, diferenciado, que se distribuye en un patrón acampanado 228 y se dirige desde la boquilla 224 y el mecanismo de atenuación 226 hacia el dispositivo de recogida de filamentos 174. Durante el funcionamiento, el patrón de filamentos 228 se dirige en un patrón acampanado hacia la espiga rotatoria 176. En una realización, el patrón de filamentos 228 abarca la distancia entre un borde alejado 182 de la corriente 166 y un borde alejado 184 de la corriente 221. En una realización alternativa, el patrón de filamentos 228 no abarca la distancia entre los bordes alejados 182 y 184, pero sí cubre una parte significativa de las capas de conformación de masa de filamentos 186, por ejemplo, la distancia cubierta por el patrón de filamentos 228 es mayor que la distancia cubierta por cada corriente de filamentos primarios 166, 168, 170, 220 y 221 individualmente. Preferiblemente, la distancia cubierta por el patrón de filamentos 228 es mayor que la distancia cubierta por dos o más corrientes de filamentos principales adyacentes 166, 168, 170, 220 y 221. En una realización, la boquilla 224 se coloca en un ángulo agudo de aproximadamente 10 grados a aproximadamente 20 grados en relación con la espiga 176. El filamento estático 28 en la Figura 3 se corresponde con el filamento de patrón de proyección 228.

El sistema de suministro de filamentos que forma la vaina 222 es sustancialmente similar al sistema 116 descrito anteriormente, excepto porque el sistema de suministro de filamentos que forma la vaina 222 está configurado y ubicado preferiblemente para producir una zona de vaina exterior relativamente lisa sobre la superficie cilíndrica exterior de la masa de filamentos 186. El sistema de suministro de filamentos que forma la vaina 222 usa preferiblemente una ubicación, un rendimiento de polímero y unos parámetros de atenuación de aire diferentes en relación con el sistema de suministro de filamentos 116. En comparación con el sistema 116, la boquilla 244 está colocada preferiblemente más cerca de la espiga 176 y usa un rendimiento de polímero inferior; adicionalmente, el mecanismo de atenuación 246 usa menos atenuación de aire. De manera similar al sistema 116, el sistema de suministro de filamentos que forma la vaina 222 incluye un bloque de calentador 248, una bomba dosificadora 250, un motor 252, un control de temperatura 254, una fuente de suministro de gas 256 y un conducto 258. Como ejemplo no limitativo, los filamentos poliméricos del patrón de filamentos 262 se producen extruyendo polipropileno calentado hasta una temperatura de entre aproximadamente 270 grados C y aproximadamente 325 grados C a través de la boquilla 244 que tiene un tamaño de orificio de aproximadamente 0,016 pulgadas (0,04 cm) a una tasa de aproximadamente 1 libra (0,5 kg) por hora y haciendo pasar una gas ambiental a una temperatura de aproximadamente 25 grados C a una tasa de aproximadamente 1,5 pies cúbicos estándar (0,04 metros cúbicos) por minuto por encima de la corriente de polímero fundido que sale del orificio de boquilla.

La boquilla 244 está colocada preferiblemente de modo que el filamento producido de ese modo se deposita sobre la zona externa 22e formada por el patrón de filamentos 221. Esta configuración produce una zona o vaina muy poco profunda con una unión de fibra a fibra significativa, incluyendo cierta unión entre las fibras de la vaina y las fibras de la zona externa 22e. La unión de fibra a fibra de la vaina elimina esencialmente la presencia de fibras sueltas sobre la superficie del elemento de filtro de profundidad 12 acabado y aumenta significativamente el área superficial del elemento de filtro de profundidad 12 resultante.

Las Figuras 5 y 6 proporcionan los resultados de las pruebas sobre varios cartuchos de filtro de profundidad hechos según tres diseños. Cada uno de estos cartuchos tenía un diámetro exterior de aproximadamente 6,5 pulgadas (16,5 cm) y una longitud nominal de 40 pulgadas (101,5 cm) (es decir aproximadamente 37 ó 38 pulgadas (94 ó 96,5 cm)) y una eficacia de eliminación aproximadamente del 90% para partículas de 12 micrómetros o una eliminación del 99% (absoluta) de partículas de 70 micrómetros. Los filtros A y B se prepararon según el método descrito en las patentes estadounidenses número 6.938.781 y 6.986.427 con cuatro y cinco zonas concéntricas respectivamente que se solapan mínimamente y filamentos de múltiples zonas estáticos y en forma de Z. Los filtros

C se prepararon tal como se muestra en las Figuras 1 a 4 con 5 zonas, solapándose la quinta zona con la zona 4 y parte de las zonas 3, y filamentos multizona estáticos y en forma de Z similares.

5 Tal como se muestra en la Figura 5, cada uno de los filtros B y filtros C proporcionaron significativamente más capacidad de retención de suciedad (DHC) que cualquiera de los filtros A. Sin embargo, tal como se muestra en la Figura 6, la vida útil con respecto a un diferencia de presión de 50 psi (350 kPa) a 40 gpm para los filtros C estaba aumentado significativamente en relación tanto con los filtros A como con los filtros B. Basándose en estos resultados y la inspección visual de los filtros, los inventores creen que los filtros C eran más resistentes a la compresión que los filtros B y que esta propiedad de los filtros C era al menos parcialmente responsable de su vida útil mejorada en relación con los filtros B. Sin pretender limitarse por la teoría, los inventores creen que el solapamiento de los filamentos de la quinta zona hasta el interior de la cuarta zona proporciona una densidad aumentada de los enlaces de filamento a filamento, así como permite una densidad de filamentos adecuada por unidad de volumen en estas zonas a pesar de la alta velocidad de rotación de un elemento de filtro de diámetro grande tal como se prepara. El patrón de proyección en ángulo de la quinta zona, en relación con la cuarta zona, también puede inhibir adicionalmente la compresión de la cuarta zona.

15 En otras pruebas, el diferencia de presión de agua limpia (caída de presión) de los filtros C se midió a entre 0,2 y 0,4 psi (1,5 y 3 kPa) a 40 gpm. La caída de presión seguía siendo insignificante cuando se hacían funcionar los filtros a 80 gpm. Se registró una caída de presión de 1,0 psi (7 kPa) a 100 gpm.

20 Una o más realizaciones de la invención se han descrito en esta descripción detallada con referencia a los dibujos para ayudar a dar a conocer la invención y permitir poner en práctica la invención.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Un elemento de filtro de profundidad tubular que tiene tres o más zonas concéntricas, en el que uno o más filamentos de una zona externa tienen un diámetro mayor que filamentos de las otras zonas, y en el que un filamento de la zona externa se solapa, se cruza o se entremezcla con un filamento de otra zona por al menos el 50% de la profundidad de la otra zona.
- 10 2.- El elemento de filtro de profundidad tubular según la reivindicación 1, en el que cada zona está hecha de un filamento esencialmente continuo.
- 15 3.- El elemento de filtro de profundidad tubular según la reivindicación 1 ó 2, en el que un filamento de la zona externa se solapa, se cruza o se entremezcla con un filamento de otra zona por toda la profundidad de la otra zona.
- 20 4.- El elemento de filtro de profundidad tubular según la reivindicación 1 ó 2, en el que el filamento de la zona externa se solapa, se cruza o se entremezcla con el filamento de la otra zona por toda la profundidad de la otra zona y parte de una tercera zona adyacente a la otra zona.
- 25 5.- El elemento de filtro de profundidad tubular según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que tiene cuatro o más zonas concéntricas o cinco o más zonas concéntricas.
- 30 6.- El elemento de filtro de profundidad tubular según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que tiene uno o más filamentos adicionales que atraviesan todas las zonas.
- 35 7.- El elemento de filtro de profundidad tubular según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que tiene un diámetro exterior de 4,5 pulgadas (11,5 cm) o más o de 6 pulgadas (15 cm) o más.
- 40 8.- El elemento de filtro de profundidad tubular según la reivindicación 7, que tiene una eficacia de al menos el 90% para eliminar partículas de 20 micrómetros o una eliminación absoluta de partículas de 70 micrómetros.
- 45 9.- El elemento de filtro de profundidad tubular según la reivindicación 7 u 8, que tiene una permeabilidad del agua limpia de 0,5 psi (3,5 kPa) o menos en un filtro de al menos 37 pulgadas (94 cm) de longitud que se hace funcionar a 40 gpm o de 1 psi (7 kPa) o menos en un filtro de al menos 37 pulgadas (94 cm) de longitud que se hace funcionar a 100 gpm.
- 50 10.- Un método de preparación de un elemento de filtro de profundidad que tiene tres o más zonas concéntricas que comprende las etapas de proyectar filamentos soplados en estado fundido sobre una espiga rotatoria para formar una masa de filamentos en contacto con un rodillo compactador cónico, en el que los filamentos se proyectan desde tres o más boquillas que están separadas a lo largo de la longitud de la espiga, en el que uno o más filamentos de una zona externa tienen un diámetro mayor que filamentos de las otras zonas, y uno de los filamentos producidos desde una boquilla que forma la zona externa se forma en un patrón de proyección que se solapa con al menos el 50% del patrón de proyección de un zona de filamentos adyacente.
- 55 11.- El método según la reivindicación 10, en el que uno de los filamentos de la zona externa se forma en un patrón de proyección que se solapa con al menos el 85% del patrón de proyección de un filamento adyacente o con todo el patrón de proyección de un filamento adyacente.
- 60 12.- El método según la reivindicación 11, en el que el patrón de proyección solapante forma un ángulo de al menos 10 grados en relación con una línea normal con respecto a la espiga hacia la zona solapada.
- 65 13.- Una máquina de preparación de un elemento de filtro de profundidad que comprende,
a) una espiga rotatoria;
b) un rodillo compactador cónico; y,
c) tres o más boquillas que están separadas a lo largo de la longitud de la espiga y configuradas para proyectar filamentos hilados en estado fundido sobre la espiga,
en el que uno o más filamentos de una zona externa tienen un diámetro mayor que filamentos de la otra zona, en el que una primera de las boquillas forma un ángulo en relación con una segunda boquilla con el fin de formar un patrón de proyección que se solapa con al menos el 50% o al menos el 85% del patrón de proyección formado mediante una segunda boquilla.
- 14.- La máquina según la reivindicación 13, en la que la primera de las boquillas forma un ángulo de al menos 10 grados en relación con la segunda boquilla.

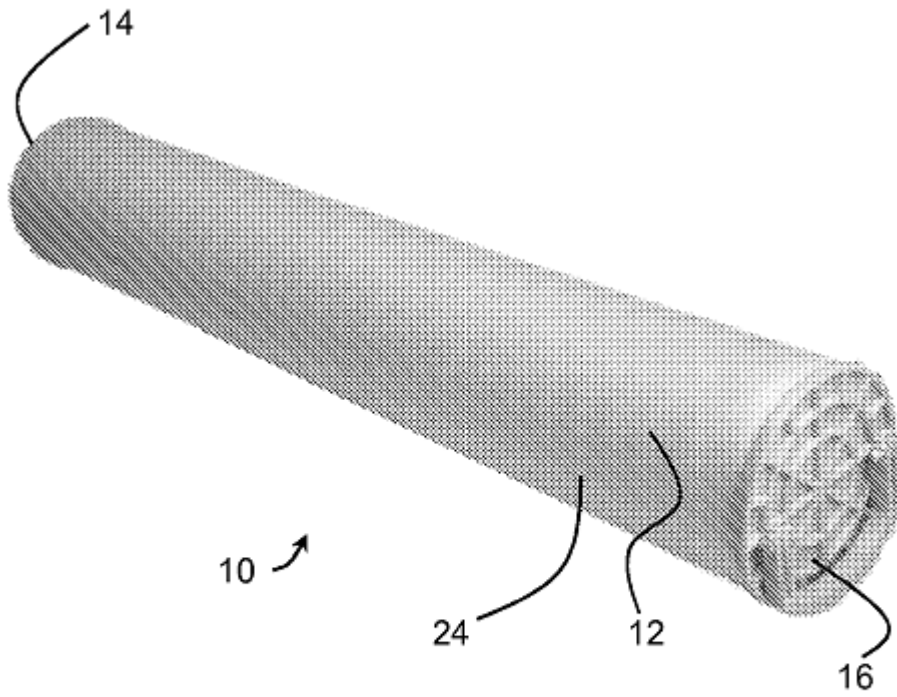


FIGURA 1

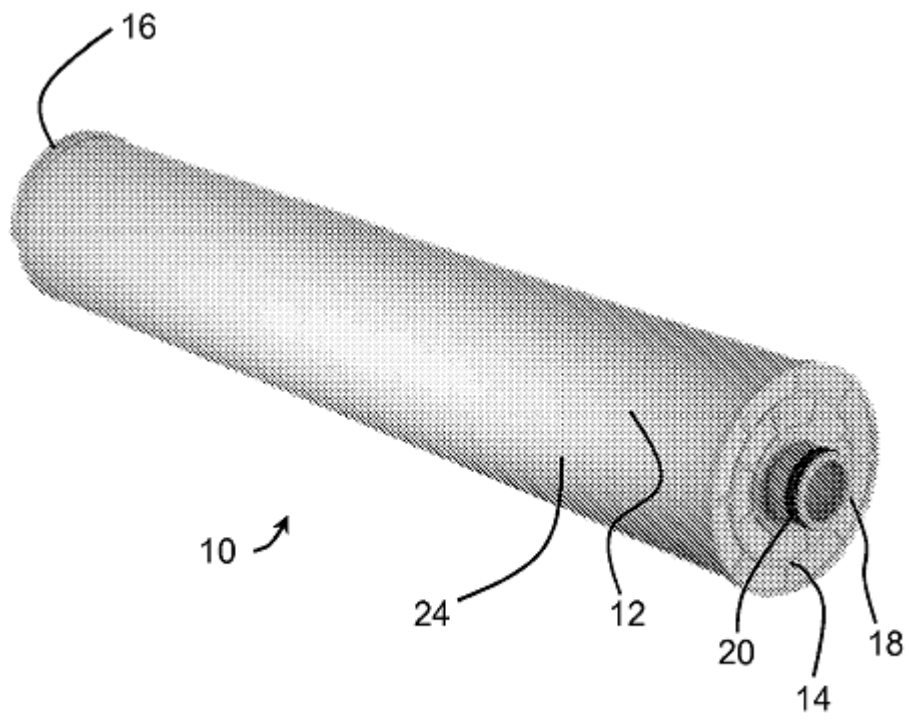


FIGURA 2

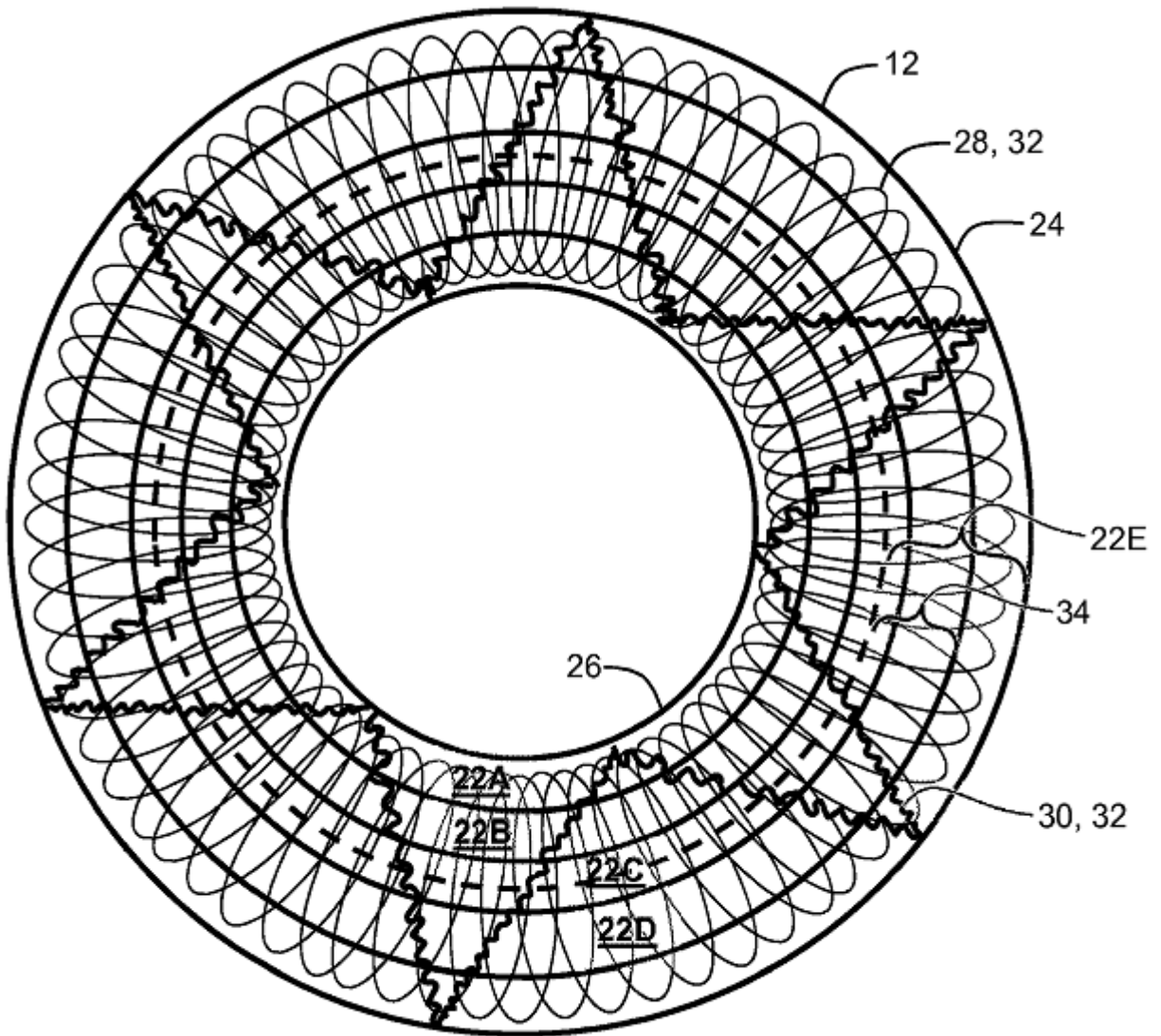


FIGURA 3

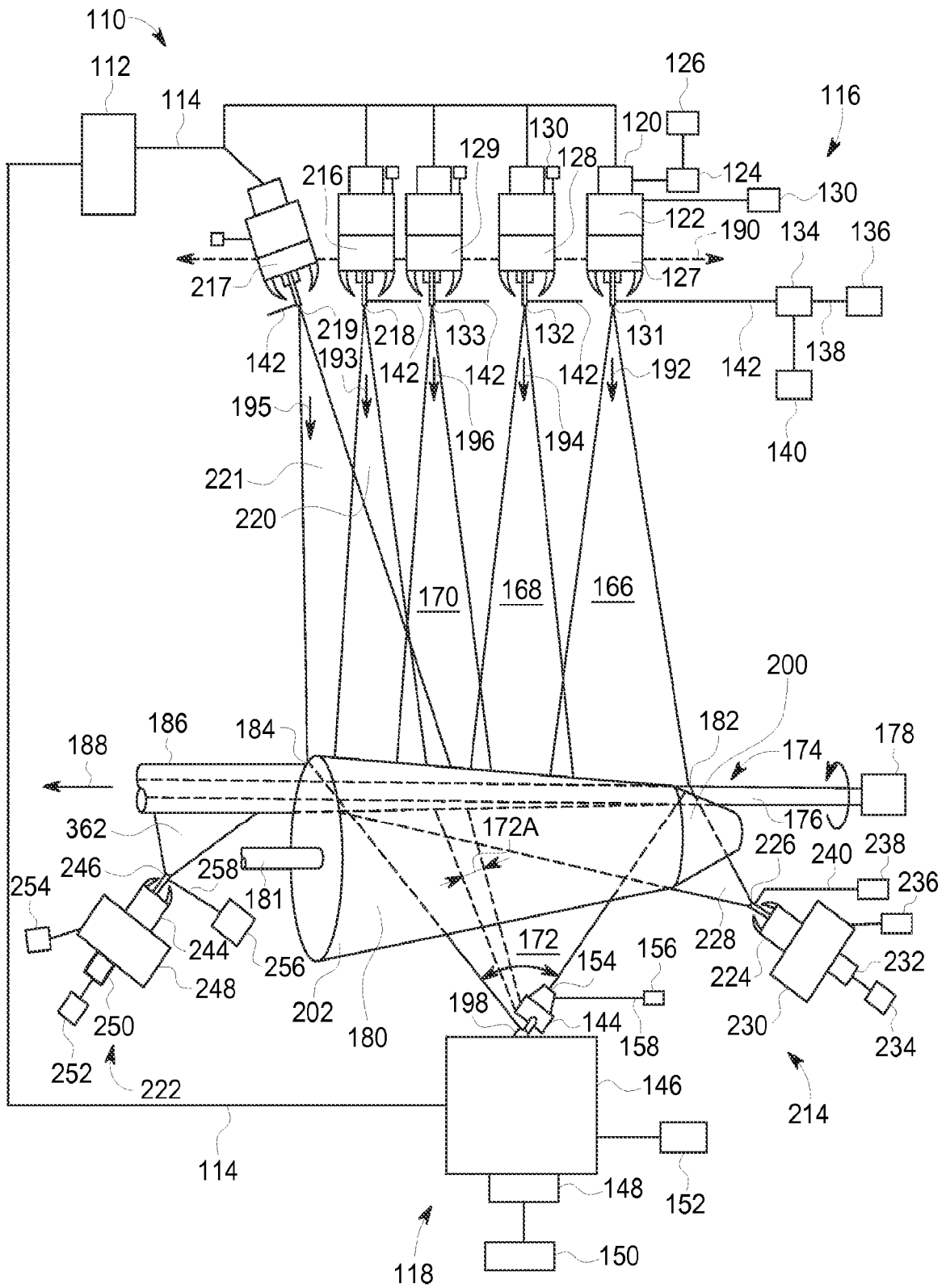


FIG. 4

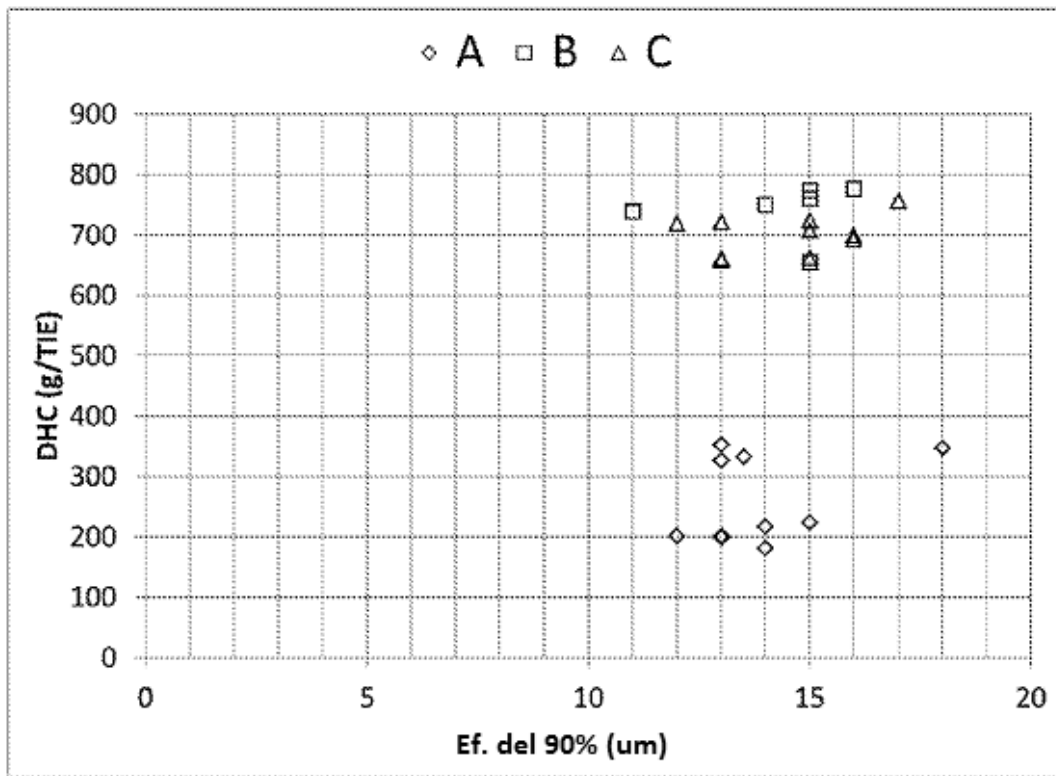


FIGURA 5

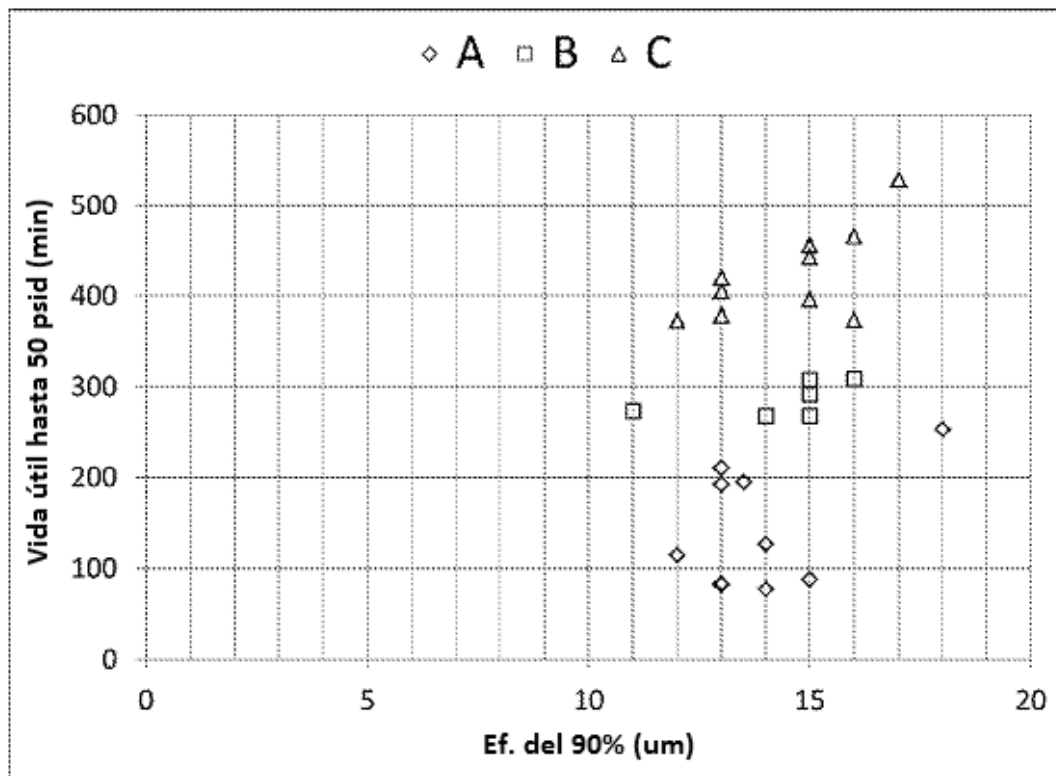


FIGURA 6