

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 614 464**

51 Int. Cl.:

<b>B01D 69/10</b>	(2006.01)
<b>B01D 69/08</b>	(2006.01)
<b>B29C 47/02</b>	(2006.01)
<b>B29C 47/10</b>	(2006.01)
<b>B29C 47/06</b>	(2006.01)
<b>B29C 47/28</b>	(2006.01)
<b>B29C 55/22</b>	(2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.12.2011 PCT/US2011/063332**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **21.06.2012 WO12082441**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.12.2011 E 11848095 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016 EP 2651544**

54 Título: **Membrana de fibra hueca soportada**

30 Prioridad:

**15.12.2010 US 968402**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**31.05.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**PALINKAS, ATTILA;  
MARSCHALL, MARCELL y  
SZABO, ROBERT**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 614 464 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**

Membrana de fibra hueca soportada

Campo de la invención

5 La presente memoria descriptiva se refiere a membranas de fibra hueca, a métodos para fabricar membranas de fibra hueca y a estructuras de soporte para membranas de fibra hueca.

Antecedentes de la invención

Lo que sigue no es una admisión de que nada de lo que se expone a continuación sea citable como técnica anterior ni como parte del conocimiento general común.

10 El documento de patente US 5.472.607 describe una membrana polimérica de fibra hueca soportada por un tubo textil trenzado. El tubo trenzado es suficientemente denso y está firmemente trenzado para tener una redondez estable antes de ser revestido con un dopante de membrana. El polímero de membrana se encuentra situado principalmente en el exterior de la trenza. Este tipo de estructura se ha utilizado con gran éxito en los productos de membrana de la serie ZeeWeed® 500 comercializados actualmente por GE Water y Process Technologies. En particular, este tipo de membrana soportada ha demostrado ser extremadamente duradera.

15 Introducción

Los siguientes párrafos pretenden introducir al lector en la descripción detallada a seguir y no limitar o definir ninguna invención reivindicada.

20 Los inventores han observado que el número de filamentos necesarios para hacer un soporte trenzado con redondez estable tiende a dar como resultado trenzas con sobreabundancia de resistencia a la tracción. Trenzar un soporte con redondez estable supone también un proceso lento, hecho típicamente a una velocidad de entre aproximadamente 20 y 30 metros por hora. En comparación, el proceso de revestimiento de dopante se puede hacer a velocidades de hasta entre 20 y 40 metros por minuto y por tanto la trenza debe enrollarse en un carrete a medida que se hace, y luego retirarse de nuevo durante el proceso de revestimiento. La reducción del número de filamentos en un soporte trenzado podría reducir el coste de la membrana proporcionando aún una resistencia a la tracción adecuada. Sin embargo, con menos filamentos, el soporte trenzado puede no tener una redondez estable y puede no proporcionar suficiente soporte al dopante de membrana durante el revestimiento. Además, aunque se usaran menos filamentos en la trenza, la velocidad de trenzado seguiría siendo mucho menor que la velocidad de revestimiento y las operaciones de trenzado y revestimiento no podrían todavía combinarse en la misma línea de producción.

30 En el presente documento se describen varios métodos para fabricar membranas de fibra hueca en los que se extruye un dopante de membrana sobre una estructura de soporte tubular, denominada alternativamente soporte o soporte tubular. En un primer conjunto de membranas, el soporte tubular es poroso y permanece como parte de la membrana terminada. La estructura de soporte porosa puede hacerse, por ejemplo, mediante un proceso textil para producir no tejidos, un proceso de sinterización utilizando un extrusor o mediante la extrusión de un polímero mezclado con un segundo componente. El segundo componente puede ser un sólido o líquido soluble, un gas supercrítico o un segundo polímero que no reacciona con el primer polímero. La estructura de soporte soporta el dopante de membrana hasta que el dopante se solidifica en una pared de membrana. Dependiendo del tipo y del material del soporte tubular, la estructura compuesta resultante, que comprende la estructura de soporte y la pared de membrana, puede tener más resistencia a la tracción que una pared de membrana del mismo grosor hecha solo con el dopante.

35 En un segundo conjunto de membranas, el soporte tubular está rodeado por un refuerzo textil formado sobre un soporte tubular. Por ejemplo, el refuerzo textil puede ser tejido alrededor del soporte tubular. En el segundo conjunto de membranas, el soporte tubular puede ser disuelto fuera de la membrana acabada después de que el dopante haya formado una pared de membrana, dejando el refuerzo textil incrustado en la pared de membrana. Alternativamente, un soporte poroso como en el primer conjunto de membranas, puede estar rodeado por un refuerzo textil y permanecer en la membrana acabada. El soporte tubular soporta el dopante de membrana hasta que la dopante se solidifica en una pared de membrana. El refuerzo textil aumenta la resistencia a la tracción de la membrana con respecto a una pared de membrana del mismo espesor hecha solo con el dopante. El soporte tubular, si se retiene, también puede contribuir a un aumento de resistencia textil. Opcionalmente, el refuerzo textil puede ser tejido alrededor del soporte tubular a la misma velocidad que, y en consonancia con, un proceso de revestimiento de dopante.

Figuras

La figura 1 es una sección transversal esquemática de una primera membrana de fibra hueca.

La figura 2 es una sección transversal esquemática de una segunda membrana de fibra hueca.

La figura 3 es una sección transversal de un cabezal de revestimiento.

La figura 4 es una fotografía de una estructura de soporte tubular soluble debajo de una estructura de soporte tubular soluble con un refuerzo textil tejido alrededor de la misma.

- 5 La figura 5 es una sección transversal de una membrana de fibra hueca fabricada usando una estructura de soporte soluble con una capa de refuerzo textil tejida después de que la estructura de soporte tubular soluble haya sido lavada.

#### Descripción detallada

10 Refiriéndonos a las figuras 1 y 2, una membrana de fibra hueca 10 se hace formando una pared de membrana 14 que tiene una capa de separación exterior 15 sobre un soporte tubular 12. El soporte tubular 12 puede hacerse de antemano y almacenarse en un carrete hasta que se utilice para fabricar la membrana de fibra hueca 10. Para fabricar la membrana de fibra hueca 10, se tira del soporte tubular 12 a través del centro de un cabezal de revestimiento 16, mientras que se bombea un dopante de membrana 18 a través de una boquilla 19 sobre el soporte tubular 12. El soporte tubular 12 pasa a través de un orificio central 17 del cabezal de revestimiento 16. El orificio central 17 permite que el soporte tubular pase a través de la boquilla 19 y también centra el soporte tubular 12 con respecto a la boquilla 19 de modo que el dopante 18 se aplica uniformemente alrededor de la parte exterior del soporte tubular 12. La superficie cilíndrica del soporte 12 permite elegir el espesor de revestimiento del dopante, la viscosidad del dopante y otros parámetros sin estar limitados a valores que se podrían utilizar para crear una membrana solo con el dopante. Después de salir del cabezal de revestimiento 16, el soporte tubular 12 y el dopante 18 pasan a un baño de temple en el que el dopante 18 se convierte en una pared de membrana sólida porosa 14. La formación de la pared de membrana 14 puede ser mediante una separación de fases inducida térmicamente (TIPS) o un proceso de separación de fases inducida por no disolventes (NIPS). La capa de separación 15 puede tener un tamaño de poro nominal en la gama de microfiltración o más pequeño.

25 El soporte tubular 12 puede ser poroso y en uso, puede permanecer en el interior de la membrana de fibra hueca acabada 10. El soporte tubular 12 puede tener una resistencia a la tracción mayor que una pared de membrana 14 del mismo espesor. Por consiguiente, la membrana compuesta 10 también puede tener una resistencia a la tracción mayor que una membrana del mismo espesor hecha solo con el dopante 18. Un soporte tubular poroso permanente adecuado 12 puede hacerse extruyendo una mezcla que comprende dos componentes principales aunque una boquilla anular. Un primer componente principal es un polímero de grado de extrusión termoplástica que permanecerá como el soporte poroso 12. Un segundo componente principal es un dopante compatible que es soluble en un no disolvente del primer componente principal. Por ejemplo, el primer componente principal puede ser un polímero insoluble en agua y el segundo componente principal puede ser un dopante soluble en agua tal como azúcar, sal, PVA o glicerol. Los componentes principales primero y segundo se eligen de manera que no reaccionen entre sí. En su lugar, los componentes principales primero y segundo se mezclan con agitación suave antes de la extrusión para producir una mezcla homogénea, por ejemplo una emulsión, de partículas pequeñas del segundo componente principal en el primer componente principal. La mezcla se extruye a través de una boquilla anular y, opcionalmente, una boquilla adicional de calibración de diámetro exterior. El primer componente principal de la mezcla extruida se solidifica para formar el soporte 12. El soporte tubular 12 se coloca en un baño de un disolvente del segundo componente principal, por ejemplo agua, para que el segundo componente principal pueda lixivarse en el baño. Esta etapa de lixiviación puede ocurrir antes o después de que la pared de membrana 14 se forme sobre el soporte 12. El primer componente principal podría ser un polímero de bajo costo (con respecto al dopante de membrana 18), tal como polietileno (PE), si el soporte tubular 12 es requerido principalmente para soportar el dopante de membrana 18 durante el revestimiento. Sin embargo, si se desea una membrana 10 con mayor resistencia, entonces el primer componente principal puede ser un polímero más fuerte, tal como poliéster (tereftalato de polietileno, PET).

50 Alternativamente, un soporte tubular 12 puede hacerse extruyendo una mezcla de dos materiales termoplásticos diferentes. Los dos materiales se eligen de manera que no sean reactivos entre sí. Los dos materiales son también incompatibles en el sentido de que el segundo material no se mezcla con o se disuelve bien en el primer material y en su lugar el segundo material forma grupos con baja adherencia a una matriz proporcionada por el primer material. Por ejemplo, un segundo material conocido es polimetilpenteno (PMP). El primer material puede ser, por ejemplo, PE o PET en función de si el costo o la resistencia es más importante para la membrana acabada 10. Después de que el tubo extruido se ha solidificado, se estira para establecer el diámetro exterior final del soporte tubular 12, y para crear pequeñas fisuras entre los dos materiales. Las fisuras proporcionan al soporte tubular 12 la porosidad deseada. Un soporte tubular similar 12 puede hacerse mezclando el primer material con un no soluto que no sea un polímero tal como  $\text{CaCO}_3$ .

55 Como alternativas adicionales basadas en extrusión, se puede usar un tubo de filtración disponible en el mercado para el soporte 12. Un soporte tubular 12 con una estructura de celdas abiertas también se puede extruir de un polímero mezclado con un gas supercrítico tal como dióxido de carbono. A medida que la mezcla sale por la boquilla

de extrusión, una reducción de la presión permite que el gas supercrítico escape dejando una estructura de celdas abiertas. Un tubo sólido extruido también puede ser perforado de forma mecánica, o con uno o más haces de rayos láser de pulsación, para formar el soporte 12.

5 Un soporte tubular 12 también se puede hacer sin extrusión. Por ejemplo, se puede fabricar un soporte no tejido dirigiendo segmentos de fibras electrohiladas, extruidas sopladas o extruidas por pulverización sobre un mandril giratorio. El mandril es poroso con su orificio interior conectado a una fuente de succión de manera que los  
10 segmentos de fibras semisolidificadas se acumulan sobre el mandril. Los segmentos de fibras se solidifican completamente y se unen entre sí sobre el mandril para formar un tubo no tejido. Un extremo del tubo se separa de manera continua del mandril para crear el soporte tubular 12. Opcionalmente, una estructura no tejida puede tener una densidad suficiente para aumentar la resistencia de la membrana 10. Un soporte 12 también puede hacerse mediante un proceso de sinterización continuo con una máquina de extrusión. En este proceso, unos gránulos de polímero semifundidos se comprimen juntos en un extrusor y se sinterizan a presión empujándolos a través del molde de extrusión de una manera similar a la sinterización metálica, aunque en una forma tubular. Este tubo se utiliza después como un soporte 12. El proceso de sinterización no produce un soporte 12 con tanta fuerza como un  
15 soporte no tejido, aunque se pueden realizar técnicas de sinterización y de no tejido en consonancia con el proceso de revestimiento.

Refiriéndonos a la figura 2, una segunda membrana de fibra hueca 20 tiene una pared de membrana 14, un soporte tubular permanente o temporal 12 y un refuerzo textil 22. El refuerzo textil 22 está preferiblemente incrustado en la pared de membrana 14. En la segunda membrana 20 mostrada, el refuerzo textil 22 se teje a partir de hilos o hebras  
20 monofilamento o multifilamento. En general, el tejido puede hacerse más rápido que el trenzado y requiere una máquina menos complicada. En el refuerzo textil 22 mostrado, el tejido también está diseñado para producir una estructura más floja, con respecto a estructuras de soporte de membrana trenzadas actuales, y por tanto requiere menos material que un soporte de membrana trenzada. El refuerzo textil 22 no es lo suficientemente denso para soportar por sí mismo el dopante 18 y por tanto, el refuerzo textil 22 se utiliza en combinación con un soporte tubular 12. Sin embargo, el refuerzo textil 22 aumenta la resistencia de la membrana resultante 10.

El refuerzo tejido 22 se aplica al soporte tubular 12 haciendo pasar el soporte 12 a través de una máquina de tejer, mientras teje uno o más monofilamentos o multifilamentos 24 en un tubo alrededor del soporte 12. El tejido puede hacerse a la misma velocidad que el proceso de revestimiento de dopante descrito en relación a la figura 3, permitiendo así que el tejido se haga en consonancia con el revestimiento. En ese caso, el soporte tubular 12 se  
30 puede extraer de un carrete y hacer que pase directamente, es decir sin volver a ser enrollado, a través de la máquina de tejer y el cabezal de revestimiento 16.

Alternativamente, el refuerzo textil 22 se puede proporcionar en forma de una o más envolturas en espiral hechas haciendo pasar un soporte 12 a través de una máquina de envolver.

También alternativamente, se puede proporcionar un refuerzo textil 22 en forma de muchos segmentos cortos de filamentos 24. Por ejemplo, el refuerzo textil puede hacerse mezclando microfibras en el dopante de membrana 18. Las microfibras también se pueden aplicar a la superficie exterior de un dopante de membrana semisolidificado 18 pulverizando fibras cortadas, electrohiladas o extruidas sopladas sobre la superficie del dopante 18. Las fibras se pulverizan sobre el dopante de membrana 18 a medida que sale del cabezal de revestimiento 16 o poco después de tal manera que el dopante 18 puede haber empezado a solidificarse, pero aún no es sólido.

40 Opcionalmente, el uno o más filamentos 24 en el refuerzo 22 pueden ser filamentos revestidos o filamentos bicomponente 24, o un hilo u otra forma de multifilamento de filamento 24 puede tener dos o más tipos de componentes monofilamento. Se pueden fijar entre sí filamentos cruzados o adyacentes 24 en puntos de contacto. Por ejemplo, los filamentos 24 se pueden fijar entre sí mediante fijación por calor, luz ultravioleta, soldadura, plasma, resinas u otros adhesivos. El material de los filamentos 24, el revestimiento de filamentos revestidos 24, uno o más  
45 materiales expuestos en filamentos bicomponente 24 o uno o más monofilamentos en multifilamentos pueden elegirse como adecuados para un método de fijación elegido, si es necesario. La flexibilidad del refuerzo textil 22 se puede ajustar alterando la densidad de los filamentos 24, al decidir si es o no para fijar filamentos entre sí 24 en puntos de contacto o de intersección, y ajustando la densidad de puntos de contacto o de intersección entre filamentos 24.

50 El soporte 12 puede permanecer dentro de la segunda membrana 20. En ese caso, el soporte 12 puede hacerse mediante cualquiera de los métodos descritos para la primera membrana 10. Independientemente del método de fabricación del soporte permanente 12, el refuerzo 22 se forma alrededor del soporte 12, por ejemplo tejiéndolo o envolviéndolo como un cable alrededor del soporte 12. Puesto que el soporte 12 mantiene el refuerzo 22 en una forma redonda y con un diámetro deseado, la densidad del refuerzo 22 puede ser elegida en base al uso pretendido de la membrana 20. Por ejemplo, una membrana 20 para su uso en la filtración de agua potable puede tener un refuerzo 22 que es menos denso que en una membrana 20 para su uso en aguas residuales. Después de que el refuerzo 22 se coloca alrededor del soporte 12, la estructura combinada se hace pasar a través del cabezal de revestimiento 16, como se ha descrito anteriormente en relación a la figura 3.

Si el soporte tubular 12 no va a permanecer dentro de la membrana acabada 20, entonces el soporte 12 se hace de un material que es soluble en un no disolvente de la capa de separación 14. Por ejemplo, el soporte 12 puede ser soluble en agua. El refuerzo 22 se aplica alrededor del soporte 12, como se describe anteriormente, y la estructura combinada se hace pasar a través del cabezal de revestimiento 16, como se describe en relación a la figura 3. El soporte 12 proporciona una base que mantiene la forma de la superficie interior del refuerzo 22 en una forma tubular y que mantiene la estructura combinada centrada en el cabezal de revestimiento 16. Esto ayuda a crear un revestimiento uniforme de dopante 18 y por tanto una pared de membrana 14 con un espesor uniforme.

Después de que se ha formado una pared de membrana sólida 14, el soporte 12 se lava en el baño de coagulación o en un disolvente separado. El refuerzo 22 es de preferencia lo suficientemente flojo como para que el dopante 18 penetre a través del refuerzo 22 a la superficie exterior del soporte 12. Al menos los filamentos externos 24, o segmento de filamentos 24, se encapsulan en la pared de membrana 14. El refuerzo 22 también puede ser muy delgado para que el diámetro exterior de la membrana 20 pueda ser de 1 mm o menos. La cantidad total de material usado en el soporte 12 y el refuerzo 22 puede ser similar o menor que la cantidad de fluido de orificio requerido para hacer una membrana no soportada. En consecuencia, una membrana de soporte para trabajo ligero 22 se puede hacer por un precio similar al de una membrana no soportada, aunque con mayor resistencia. El material disuelto del soporte 12 puede ser recuperado del baño de coagulación o de otro disolvente.

Con un refuerzo tejido 22 sobre un soporte tubular 12, por ejemplo en la forma de un tubo soluble en agua, la tensión aplicada durante el tejido y durante el proceso de revestimiento ayuda a garantizar que el refuerzo tejido 22 repose suavemente sobre la superficie del soporte 12. El espesor de pared del soporte 12 se elige de manera que el soporte 12 no se disuelva completamente hasta que se coagule el material de membrana en el dopante 18. Por consiguiente, aunque los filamentos 24 puedan fijarse entre sí antes de que el dopante 18 sea aplicado al soporte 12, esto no es obligatorio ya que el dopante coagulado 18 es suficiente para mantener la posición de los filamentos en el tejido en la segunda membrana acabada 20.

Un refuerzo de tejido 22 se hace preferiblemente mediante tejido por urdimbre circular. Los tejidos de urdimbre consisten en múltiples sistemas de hilos (utilizando hilos mono o multifilamento), que discurren longitudinalmente a lo largo de la superficie del tejido cilíndrico. Cada sistema de hilos tiene una aguja designada y los elementos de guía de hilo alternan entre las agujas de formación de bucle. En comparación, un tejido de trama se forma a partir de uno o de múltiples sistemas de hilos, que están interconectados por bucles, formados por agujas. En el tejido por trama, los bucles adyacentes (puntadas) discurren en una línea en forma de espiral alrededor del eje longitudinal del tejido circular. Una pluralidad de las agujas de formación de bucle (puntada) y los elementos de guía de hilo giran unas con respecto a otros. Un tejido de trama proporciona una superficie más cerrada y cilíndrica que un tejido de urdimbre, aunque se utiliza más material de filamento 24 y es menos estable en longitud. Aunque el material de trama podría ser mejor si su propósito principal es soportar el dopante 18, en la presente membrana 10 el dopante se moldea como un soporte tubular 12 y se pretende que el tejido aumente la resistencia de la membrana 10. Un tejido de urdimbre es más rígido o estable en longitud que un tejido de trama, y por ello se prefiere el tejido de urdimbre para su uso como el refuerzo 12.

La figura 4 muestra, en la parte inferior de la figura, un ejemplo de soporte tubular realizado por extrusión PVAL. En la parte superior de la figura 4, se tejieron hilos multifilamento de poliéster finos (133 dtex f 32), donde se tejieron en una máquina de tejer por urdimbre de 4 agujas, formando los bucles sobre agujas adyacentes, sobre un soporte tubular soluble 12. La longitud de puntada era de 2,5 - 3,5 mm (2,8 - 4 bucles / cm). A continuación, la estructura combinada se revistió con un dopante de membrana a base de PVDF 18. Después de formarse el dopante como una capa de separación sólida 14, se disolvió el soporte 12. Una sección transversal de la membrana resultante 20 se muestra en la figura 5.

**REIVINDICACIONES**

1. Método para fabricar una membrana de fibra hueca (10) que comprende las etapas de,
- a) proporcionar una estructura de soporte tubular (12);
- 5 b) hacer pasar la estructura de soporte tubular (12) a través de una máquina de tejer por urdimbre circular para formar una estructura de refuerzo textil (22) en forma de tejido circular alrededor de la estructura de soporte;
- c) cubrir la estructura de refuerzo textil (22) con un dopante de membrana (18); y,
- d) convertir el dopante de membrana (18) en una pared de membrana porosa sólida (14).
2. Método según la reivindicación 1, que comprende además una etapa de disolver la estructura de soporte tubular (12) después de la etapa d).
- 10 3. Método según la reivindicación 2, en el que la estructura de soporte tubular (12) es soluble en agua.
4. Método según la reivindicación 1, en el que la estructura de refuerzo textil (22) se forma alrededor de la estructura de soporte (12) bajo tensión.
5. Método según la reivindicación 1, en el que la etapa c) comprende hacer pasar la estructura de soporte (12) y la estructura de refuerzo (22) a través de la entrada de un cabezal de revestimiento (16), en el que la entrada está centrada dentro de una salida de dopante de membrana.
- 15 6. Método según la reivindicación 6, en el que la etapa b) comprende hacer pasar la estructura de soporte (12) a través de una máquina de tejer por urdimbre circular alineada con el cabezal de revestimiento (16).
7. Método según la reivindicación 1, en el que la estructura de soporte (12) es porosa.
8. Método según la reivindicación 7, en el que la etapa a) comprende extruir una mezcla de un polímero de membrana termoplástico y un segundo material seleccionado del grupo que consiste en a) un gas supercrítico, b) un sólido o líquido soluble en agua, y c) un polímero que no es reactivo con el polímero de membrana.
- 20 9. Método según la reivindicación 7, en el que la etapa a) comprende extruir gránulos semifundidos de un polímero.
10. Método para fabricar una membrana de fibra hueca (10) que comprende las etapas de,
- a) proporcionar una estructura de soporte tubular porosa (12);
- 25 b) cubrir la estructura de soporte tubular con un dopante de membrana (18); y,
- c) convertir el dopante de membrana (18) en una pared de membrana porosa sólida (14),
- en el que la etapa a) comprende una etapa seleccionada del grupo que consiste en:
- i) extruir una mezcla de un polímero de membrana termoplástico y gas de dióxido de carbono supercrítico;
- ii) extruir una mezcla de un polímero de membrana termoplástico y un sólido o líquido soluble en agua;
- 30 iii) extruir una mezcla de un polímero de membrana termoplástico y un segundo polímero que no es reactivo con el polímero de membrana, estirando después la extrusión para crear fisuras entre los dos polímeros; y
- iv) extruir gránulos semifundidos de un polímero a presión a través de una boquilla anular.
11. Método según la reivindicación 10, que comprende además una etapa de formación de una estructura de refuerzo textil (22) en forma de tejido circular alrededor de la estructura de soporte (12) después de la etapa a) y antes de la etapa b).
- 35

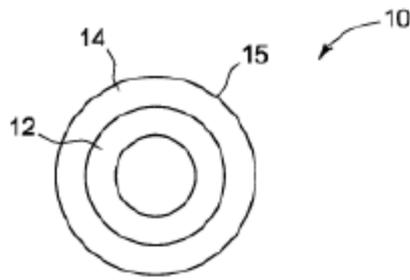


FIG. 1

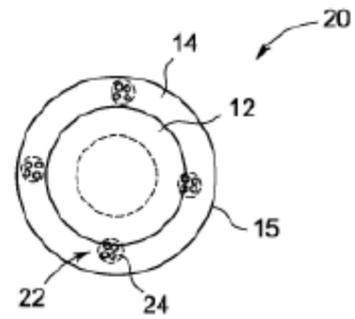


FIG. 2

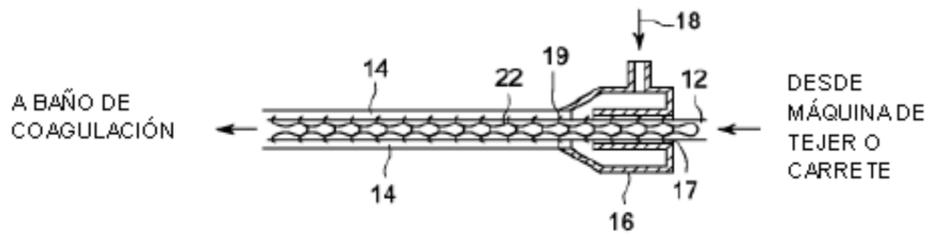


FIG. 3

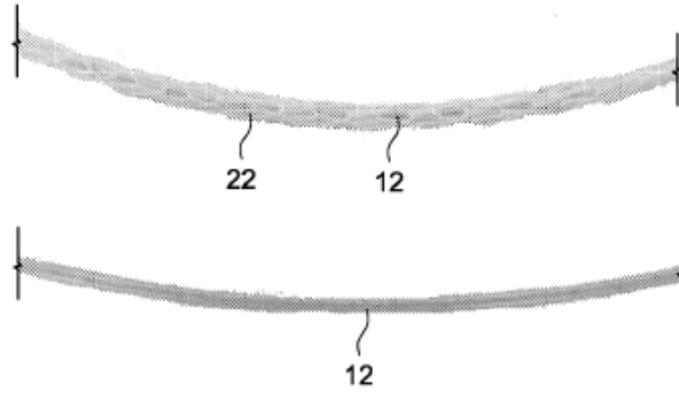


FIG. 4

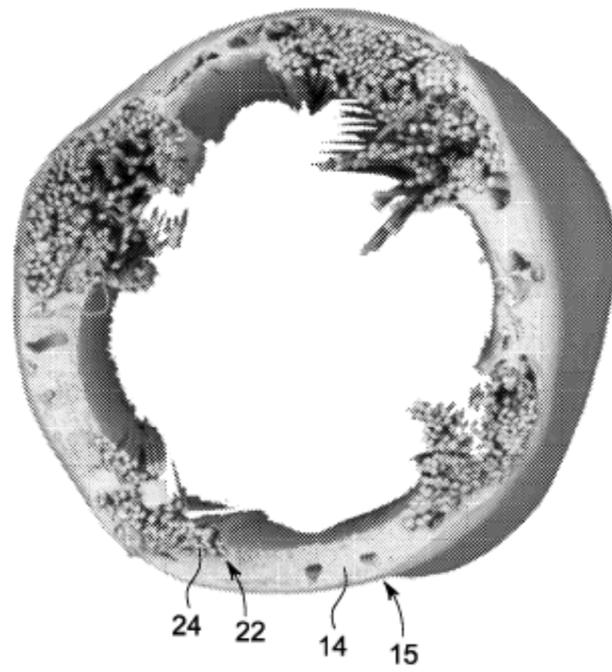


FIG. 5