

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 804 735**

51 Int. Cl.:

B29C 53/58 (2006.01)

B01D 63/06 (2006.01)

B29C 53/82 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.01.2015 PCT/NL2015/050016**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.07.2015 WO15108415**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.01.2015 E 15700810 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2020 EP 3096934**

54 Título: **Membrana tubular con una nervadura helicoidal, así como un procedimiento y aparato para producir tal membrana tubular**

30 Prioridad:

20.01.2014 NL 2012109

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

09.02.2021

73 Titular/es:

**X-FLOW B.V. (100.0%)
Marssteden 50
7547 TC Enschede, NL**

72 Inventor/es:

**OBORNY, RADEK;
KOEL, STEFAN y
POTRECK, JENS**

74 Agente/Representante:

TORNER LASALLE, Elisabet

ES 2 804 735 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 tubular con una nervadura helicoidal, así como un procedimiento y aparato para producir tal membrana tubular

5 La invención versa sobre el campo de membranas tubulares del tipo que comprende un tubo de soporte que es fabricado de una o más bandas flexibles de material poroso de soporte que ha sido enrollado de forma helicoidal sobre una forma de tubo con bordes superpuestos de banda que han sido sellados entre sí, y sobre una capa semipermeable de membrana fabricada de material formador de membrana en una pared interna del tubo de soporte. Este tipo específico de membrana tubular será denominado membrana tubular enrollada de forma helicoidal.

10 Se conocen tales membranas tubulares enrolladas de forma helicoidal, así como un procedimiento y un aparato para producirlas por los documentos, por ejemplo, GB-1 325 672 y US 4.214.612. Esas publicaciones describen el enrollamiento helicoidal en una sección de enrollamiento de un mandril de una o más bandas porosas fibrosas para producir un tubo de capa única o múltiple, y el moldeado continuo como un aditivo líquido de una membrana semipermeable en el interior del tubo formado en el mandril. El moldeado es realizado in situ de una vez, es decir, cuando se forma la membrana tubular en el mandril. Para ello, el moldeado se lleva a cabo a lo largo de una sección de moldeado del mandril que linda con la sección de enrollamiento del mandril. Después del moldeado, se lleva a cabo un tratamiento continuo en el que el material formador de membrana es distribuido de forma uniforme con un grosor deseado de capa sobre la pared interna del tubo de soporte. El tratamiento también se lleva a cabo in situ de una vez, es decir, cuando se forma la membrana tubular en el mandril. Por ello, se lleva a cabo el tratamiento a lo largo de una sección de tratamiento del mandril que linda con la sección de moldeado del mandril.

25 El documento EP 1 565 255 describe un procedimiento para producir membranas tubulares de material compuesto en las que se enrolla una lámina plana de material compuesto de soporte longitudinalmente o en espiral dándole una forma tubular. Con esto, la lámina plana ya comprende una estructura porosa y una capa de membrana. Subsiguientemente, los bordes colindantes o superpuestos son soldados o pegados. Entonces, en una etapa final, se aplica un material de sellado y se solidifica en el interior de la soldadura a tope o el área superpuesta. La razón de esto es sellar posibles fugas o fisuras en las líneas de unión soldadas o pegadas. Sin embargo, después del secado, esta capa de material de sellado tiene meramente un grosor de solo aproximadamente 2-5 micrómetros.

30 Las membranas tubulares enrolladas helicoidalmente así fabricadas tienen superficies internas lisas y redondas que actúan como capa de separación y son adecuadas para ser usadas, por ejemplo, en módulos de flujo transversal para procesos de filtración. El fluido que ha de ser filtrado es alimentado a uno de los extremos externos de las membranas tubulares. El permeato fluye a través de la capa de membrana, mientras que los solutos y/o las partículas presentes en el fluido son rechazados y eliminados por drenaje como fracción retenida. En tales membranas tubulares lisas, se lleva a cabo un flujo principalmente laminar a lo largo de la superficie interna de la capa de membrana. Este flujo laminar es denominado capa límite y no se mezcla (bien) con el flujo principal del fluido a través de la membrana tubular.

35 Las limitaciones más significativas en los rendimientos de filtración de tales membranas tubulares son la polarización de concentración cerca de la capa de membrana, la acumulación de una torta a lo largo de la capa de membrana y la incrustación de la capa de membrana. Se define la polarización de concentración como la acumulación de solutos rechazados cerca de la capa de membrana, lo cual da lugar que haya presentes mayores concentraciones de solutos. Las concentraciones de los solutos rechazados cerca de la capa de membrana pueden aumentar hasta 100 veces. Cuando las concentraciones de solutos son demasiado elevadas, puede incluso comenzar a precipitarse un gel sobre la capa de membrana. Este gel contribuye, entonces, a la formación de una torta sólida.

45 La única manera en la que se pueden escapar los solutos rechazados de la capa de membrana es mediante la retrodifusión bajando el gradiente de concentración. La tasa de retrodifusión de los solutos fuera de la capa límite en el flujo principal es regida por la difusividad de esos solutos, y por el grosor de la capa límite. Dado que se determina físicamente la difusividad de los solutos rechazados, este parámetro no puede verse influenciado. Sin embargo, el grosor de la capa límite puede manipularse cambiando la velocidad de flujo transversal y/o influyendo los patrones de flujo dentro de las membranas tubulares, como promover turbulencias locales y flujos secundarios.

50 Con este fin, ya es bien conocida por el estado de la técnica la colocación de potenciadores de turbulencia e inductores de flujo secundario dentro de las membranas tubulares para modificar los patrones de flujo dentro de las mismas y, en particular, ayudar a reducir el grosor de la capa límite.

55 Por ejemplo, se conoce la colocación de insertos de bobina helicoidal dentro de membranas tubulares. Los enrollamientos de estos insertos de bobina llegan a reposar, entonces, contra la capa de membrana y, por así decirlo, forman nervaduras sobre la misma. Esas nervaduras hacen que se produzcan turbulencias y flujos secundarios delante y detrás de ellas, mezclando, así, la capa límite y contribuyendo a minimizar la polarización de concentración, la acumulación de torta y la incrustación a lo largo de la capa de membrana.

- Sin embargo, el uso de tales insertos de bobina helicoidal tiene la desventaja de que los insertos de bobina solo pueden ser extraídos a través de membranas tubulares después de que hayan sido primero estirados de forma elástica hasta tal punto que se han vuelto más delgados que el diámetro interno de las propias membranas tubulares. Subsiguientemente, necesitan ser traccionados cuidadosamente a través de las membranas tubulares mientras permanecen en estas posiciones estiradas, de forma que no puedan dañar las capas vulnerables de membrana. Solamente entonces pueden liberarse los insertos de bobina, de forma que puedan volver a adoptar sus posiciones originales y con esto volver a reposar contra las capas de membrana de las membranas tubulares. Como uno puede imaginarse, es una operación que lleva tiempo y es difícil que no puede llevarse a cabo en grandes números a escala industrial, particularmente para tubos de membrana de diámetro más pequeño.
- En el artículo "Hydrodynamic aspects of filtration antifouling by helically corrugated membranes" en nombre de L. Broussous, P. Schmidt, H. Boisson, E. Prouzet y A. Larbot en la publicación "Chemical Engineering Science" 55 (2000) 5049-5057, se hace mención a una geometría de membrana tubular de cerámica con una estampa de relieve helicoidal en la superficie de la membrana para mantener un elevado nivel de turbulencia cerca de la superficie durante el filtrado. Para la producción de tal membrana tubular de tipo cerámico, durante una primera etapa, es preciso extrudir un tubo cerámico macroporoso de soporte. La estampa de relieve es extrudida conjuntamente con el tubo cerámico de soporte. Para esto, se necesita una cabeza especial de extrusión con una parte interna giratoria. Subsiguientemente, es preciso que el tubo cerámico de soporte extrudido ondulado sea cocido en un horno. Solo después de eso, en una etapa final, es preciso que el tubo cerámico ondulado cocido de soporte sea dotado de una capa de membrana en su pared interna.
- Una desventaja de ello es la necesidad de un proceso de extrusión relativamente complejo. Además, está limitada a tubos cerámicos de soporte, que son relativamente costosos de producir. Finalmente, parecía que solo se podían obtener corrugaciones gradualmente inclinadas como estampa de relieve en la superficie de la membrana con este procedimiento de fabricación, llevando solamente una reducción limitada de las capas límites y, así, solamente a un aumento limitado en los rendimientos.
- La presente invención tiene como objetivo superar una o más de las anteriores desventajas mencionadas o para proporcionar una alternativa útil. En particular, la invención tiene como objetivo proporcionar una membrana tubular que incluye medios mejorados adicionalmente para promover turbulencias locales y flujos secundarios y que pueden fabricarse de forma económica en un procedimiento de producción industrial con la ayuda de un aparato adecuado.
- Se logra este objetivo mediante una membrana tubular según la reivindicación 1. Esta membrana tubular es del tipo enrollado de forma helicoidal según se ha definido anteriormente, es decir, que comprende un tubo de soporte que ha sido fabricado de una o más bandas flexibles de material poroso de soporte que ha sido enrollado de forma helicoidal dándole forma de tubo con bordes superpuestos de banda que han sido sellados entre sí. Una capa semipermeable de membrana fabricada de material formador de membrana está presente en una pared interna del tubo de soporte. Según la invención, se proporciona al menos una nervadura helicoidal que se prolonga hacia dentro en dicha pared interna del tubo de soporte. Esta nervadura helicoidal está cubierta con la capa de membrana o forma parte de la misma.
- Según la invención, ha sido posible por vez primera proporcionar membranas tubulares enrolladas de forma helicoidal con una nervadura integral helicoidal. Se ha descubierto que con este tipo de membranas tubulares enrolladas de forma helicoidal es incluso posible fabricar esas nervaduras helicoidales in situ de una vez con las otras etapas de enrollamiento y de moldeado necesarias para la fabricación de las membranas tubulares. Para esto, la invención proporciona un procedimiento ventajoso de producción y un aparato con el que las membranas tubulares enrolladas de forma helicoidal de la invención con la nervadura helicoidal integrada pueden fabricarse fácilmente a escala industrial de forma económica. Este procedimiento y aparato serán tratados con más detalle a continuación.
- Dado que la nervadura está cubierta con la capa de membrana o forma parte de la misma, tiene, ventajosamente, las mismas propiedades superficiales que la superficie lisa restante de la capa de membrana y, así, no se restringe la permeación o la retención de la membrana.
- La nervadura puede tener dimensiones axiales y radiales lo suficientemente grandes para obtener las turbulencias y flujos secundarios deseados en la capa límite, mientras que al mismo tiempo no obstruyen significativamente la sección transversal de la membrana y, así, no se produce un bloqueo de la misma. Para esto, la nervadura tiene, preferentemente, un grosor de entre 0,1-10 mm y/o un grosor de entre 1-30% del diámetro interno de la membrana tubular.
- La nervadura puede tener forma helicoidal con un paso lo suficientemente grande para evitar que comience a fluir el flujo por encima de las nervaduras adyacentes sin las turbulencias deseadas y empiecen a producirse flujos secundarios. Para esto, la nervadura helicoidal tiene, preferentemente, un paso de entre 5-50 mm.
- La adición de tal nervadura helicoidal a este tipo de membranas tubulares enrolladas de forma helicoidal ha parecido tener como resultado la producción de turbulencias y de flujos secundarios justo delante y detrás de las nervaduras helicoidales. Esas turbulencias y esos flujos secundarios ayudan a mantener la capa límite bien mezclada con el

- resto del fluido que fluye a través de la membrana tubular. La incidencia de las turbulencias y de flujos secundarios dentro de la capa límite en la superficie de la capa de membrana da lugar a una capa límite más delgada, a menos polarización de concentración y menos formación de torta. Esto permite una mayor fluctuación de permeato en comparación con las membranas lisas cilíndricas sin tales nervaduras helicoidales, aunque a costa de una caída de presión algo mayor. De hecho, incluso ha parecido que los rendimientos de este tipo de membranas tubulares enrolladas de forma helicoidal pueden aumentar más de un 50%. Tales fluctuaciones operativas más elevadas pueden llevar a ahorros importantes de capital dado que se requiere menos área de membrana y/o también pueden contribuir a un menor consumo específico de energía (kWh por metro cúbico de fluido tratado) durante la filtración. Esas ventajas han parecido extenderse en toda la gama de filtración basada en membranas tubulares: desde la microfiltración, la ultrafiltración, la nanofiltración hasta la ósmosis inversa, todas pueden beneficiarse de la invención.
- En una realización particular, la nervadura helicoidal ha sido fabricada de material poroso o semipermeable. Esto tiene la ventaja de que no solo las propiedades superficiales de la nervadura son las mismas que las de la capa de membrana, sino que el permeato es capaz de fluir a través de toda la nervadura. Así, la nervadura no forma un obstáculo para el propio flujo de permeato.
- En una realización adicional, la nervadura puede fabricarse en su totalidad de un material de membrana igual o similar que el de la capa semipermeable de membrana. Este puede ser, por ejemplo, PES, PVF, PVDF, PP o PA o mezclas de los mismos. Entonces, se puede fabricar la nervadura ventajosamente en una etapa de moldeado con la fabricación de la capa de membrana.
- Como alternativa, la nervadura también puede fabricarse de un material poroso de soporte igual o similar que el de la o las bandas flexibles con las que se forma el tubo de soporte. Este puede ser, por ejemplo, un material no tejido de PP, PET, PA, PBT o mezclas de los mismos. Entonces, la nervadura puede fabricarse ventajosamente de una vez con enrollamientos helicoidales de la o las bandas dándole forma de tubo y subsiguientemente ser cubierta con la capa de membrana.
- Se han indicado realizaciones preferidas adicionales de la membrana tubular en las reivindicaciones dependientes.
- La invención también versa sobre un procedimiento para producir tal membrana tubular enrollada de forma helicoidal con una nervadura helicoidal integral según la reivindicación 13. Este procedimiento comprende la etapa de fabricar un tubo de soporte a partir de una o más bandas flexibles de material poroso de soporte dando a la o las bandas enrolladas de forma helicoidal con bordes superpuestos de banda una forma de tubo en torno a una sección de enrollamiento de un mandril. Con esto, el tubo de soporte gira continuamente y se mueve hacia delante con respecto al mandril mientras que se sellan entre sí los bordes superpuestos de banda. En una etapa siguiente, se fabrica una capa semipermeable de membrana de material formador de membrana en una pared interna del tubo de soporte. Según la invención, se considera la formación de al menos una nervadura helicoidal que se prolonga hacia dentro en dicha pared interna del tubo de soporte. Esta nervadura helicoidal, durante la fabricación del tubo de soporte y de la capa de membrana, es cubierta con la capa de membrana o forma parte de la misma.
- En una realización particular, la nervadura, durante su formación, es guiada a través de uno o más surcos helicoidales en el mandril. Esto hace posible ventajosamente el uso de un único mandril para el procedimiento de producción.
- En una realización preferida, la etapa de fabricación de la capa de membrana comprende la deposición de un aditivo líquido del material formador de membrana sobre dicha pared interna del tubo de soporte guiando el tubo de soporte sobre una sección de moldeado del mandril. Durante esta etapa, se alimenta la sección de moldeado con material presurizado formador de membrana. Como etapa siguiente, se lleva a cabo un tratamiento del material depositado formador de membrana a lo largo de dicha pared interna del tubo de soporte guiándolo sobre una sección de tratamiento del mandril. Durante este tratamiento, se guía la nervadura formada integralmente a través de un primer surco de dichos uno o más surcos helicoidales que están presentes en la sección de tratamiento del mandril.
- En una primera realización, se vierte y se trata la nervadura de material formador de membrana sobre una capa de membrana moldeada y tratada previamente, o es moldeado y tratado junto con el moldeado y el tratamiento de la capa de membrana. Durante este moldeado y tratamiento de la nervadura a lo largo de las secciones de moldeado y de tratamiento del mandril, la nervadura tiene la libertad de discurrir a través de un surco helicoidal que se proporciona en la sección de tratamiento del mandril.
- En una segunda realización, la nervadura está formada por una nervadura flexible con forma de cinta que está enrollada de forma helicoidal junto con la o las bandas en torno a la sección de enrollamiento del mandril. Esta nervadura con forma de cinta está fabricada, preferiblemente, de material poroso. Para esta segunda realización, la nervadura con forma de cinta bien puede ya estar presente en la banda y conectarse con la misma y, así, enrollarse automáticamente junto con la banda en torno a la sección de enrollamiento del mandril, o bien suministrarse como parte separada a la sección de enrollamiento del mandril y enrollarse ahí de forma helicoidal junto con la banda y ser sellada a la banda. Durante este enrollamiento helicoidal de la nervadura con forma de cinta junto con la banda en

torno a la sección de enrollamiento, la nervadura con forma de cinta tiene la libertad de discurrir a través de un surco helicoidal que se proporciona en la sección de enrollamiento del mandril.

Se indican realizaciones preferidas adicionales del procedimiento de producción en las subreivindicaciones dependientes.

- 5 La invención también versa sobre un aparato para producir tal membrana tubular enrollada de forma helicoidal con la nervadura helicoidal integral según la reivindicación 20. Según la invención, este aparato comprende un mandril que está dotado de uno o más surcos helicoidales en su pared circunferencial externa para guiar la al menos una nervadura helicoidal que se prolonga hacia dentro durante su formación en la pared interna del tubo de soporte. Si se fabrica la nervadura durante la fase de enrollamiento, es preciso que estén presente unos surcos helicoidales primero y segundo tanto en la sección de enrollamiento como en la de tratamiento del mandril. Si se fabrica la nervadura durante la fase de moldeado/tratamiento, solo es preciso que haya presente un surco helicoidal en la sección de tratamiento del mandril.

Se indican realizaciones preferibles adicionales del aparato en las subreivindicaciones dependientes.

La invención será explicada en más detalle, a continuación, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 15 la Fig. 1 muestra de forma esquemática una primera realización de un aparato para producir membranas tubulares según la invención;
- la Fig. 2 muestra una sección longitudinal de una membrana tubular fabricada con el aparato de la fig. 1;
- 20 la Fig. 3 muestra de forma esquemática una segunda realización de un aparato para producir membranas tubulares según la invención;
- la Fig. 4 muestra una sección longitudinal de una membrana tubular fabricada con el aparato de la fig. 3;
- 25 la Fig. 5 muestra de forma esquemática una tercera realización de un aparato para producir membranas tubulares según la invención;
- la Fig. 6 muestra una sección longitudinal de una membrana tubular fabricada con el aparato de la fig. 5;
- 30 la Fig. 7 muestra de forma esquemática una cuarta realización de un aparato para producir membranas tubulares según la invención;
- la Fig. 8 muestra en una vista lateral y en perspectiva de una variante de las secciones de moldeado y de tratamiento del mandril de la fig. 1;
- 35 la Fig. 9 muestra una sección longitudinal de una variante de una membrana tubular según la presente invención con dos nervaduras.

- En la fig. 1, el aparato para la producción de membranas tubulares enrolladas de forma helicoidal comprende un mandril. Este mandril comprende una sección 1 de enrollamiento, una sección 2 de moldeado y una sección 3 de tratamiento. Se suministra una banda flexible 5 de material poroso de soporte desde medios adecuados de alimentación, por ejemplo, un carrete (no mostrado), hacia la sección 1 de enrollamiento. Esta banda 5, que está formada de una o más capas de material poroso tejido y/o no tejido, por ejemplo, un poliéster es enrollado de forma helicoidal con bordes superpuestos 6 de banda dándole forma de tubo en torno a la sección 1 de enrollamiento. Los bordes superpuestos 6 de banda están sellados entre sí mediante medios adecuados 7 de sellado que pueden ser, por ejemplo, medios de sellado ultrasónico. Así, se forma un tubo 8 de soporte sellado enrollado de forma helicoidal.

- Se proporciona una correa sinfín 9 accionada que discurre en torno al tubo 8 de soporte cerca del final de la sección 1 de enrollamiento como medio motriz para hacer girar y mover hacia delante continuamente el tubo 8 de soporte a una velocidad deseada sobre las secciones 1-3 del mandril.

- Un canal 12 discurre a través del centro de la sección 1 de enrollamiento y se conecta en la sección 2 de moldeado con varias aberturas 13 de salida dividido en torno a la circunferencia de las mismas. Las aberturas 13 de salida se abren al exterior en un espacio circunferencial de alimentación que reposa entre las secciones 2 de moldeado y el tubo 8 de soporte. Los medios de alimentación (no mostrados) que llevan a un suministro de un aditivo de material formador de membrana se conectan con el canal 12. Los medios de alimentación están diseñados para alimentar a presión al espacio un aditivo de material 14 formador de membrana, por ejemplo, un polímero. Ahí, el material 14 formador de membrana es depositado en la pared interna del tubo 8 de soporte. Subsiguientemente, dado que el tubo 8 de soporte con el material 14 formador de membrana depositado sobre el mismo es obligado a moverse girando hacia delante a lo largo de la sección 3 de tratamiento, el material 14 formador de membrana es tratado automáticamente formando una capa 15 de membrana. En una etapa final, la membrana tubular así formada puede

ser curada o lixiviada en un fluido adecuado caliente o frio, por ejemplo, mediante una fase de inversión o coagulación, y/o secado al aire.

Para obtener una membrana tubular con un diámetro interno d_1 del tubo 8 de soporte y un diámetro interno d_2 de la capa 15 de membrana, las secciones del mandril tienen las siguientes dimensiones. La sección 1 de enrollamiento tiene forma cilíndrica y tiene un diámetro D_w que se corresponde sustancialmente con el diámetro interno d_1 del tubo 8 de soporte que ha de ser formado. La sección 3 de tratamiento también es cilíndrica y tiene un diámetro D_d que se corresponde sustancialmente con el diámetro interno d_2 de la capa 15 de membrana que ha de ser formada. La sección 2 de moldeado tiene un diámetro D_c que es menor que el diámetro D_d de la sección 3 de tratamiento, así como menor que el diámetro D_w de la sección 1 de enrollamiento.

Según la invención, la sección 3 de tratamiento está dotada de un surco helicoidal 20 corriente arriba que se extiende por toda la longitud de la sección 3 de tratamiento y se conecta en un extremo con el espacio en torno a la sección 2 de moldeado. Durante el moldeado y el tratamiento de la capa 15 de membrana, el surco helicoidal 20 vierte/trata automáticamente y al mismo tiempo una nervadura 21 de material formador de membrana. Por lo tanto, el aditivo extrudido de la sección 2 de moldeado no es tratado meramente de forma uniforme a lo largo de todo el perímetro, sino que también llega a formar la nervadura 21. Debido al movimiento giratorio hacia delante del tubo de soporte a lo largo de la sección 3 de tratamiento, esta nervadura 21 sigue una línea que da vueltas helicoidalmente de forma continua a lo largo de la pared interna del tubo 8 de soporte. Véase la fig. 2. Durante la producción, esta nervadura 21 sigue discuriendo a través del surco helicoidal 20 durante el movimiento giratorio hacia delante del tubo 8 de soporte a lo largo de toda la sección 3 de tratamiento. Esto da a la nervadura 21 tiempo suficiente para ser moldeada limpiamente y tratada integralmente con el resto de la capa 15 de membrana. Así, no solo se vierte y se trata la capa 15 de membrana sobre el tubo 8 de soporte, sino también la nervadura helicoidal 21. La nervadura helicoidal 21, por así decirlo, forma parte de la capa 15 de membrana dado que está fabricada de una vez del mismo material y, así, forma un conjunto integral con la misma.

La forma en sección transversal y las dimensiones de la nervadura 21 pueden elegirse fácilmente según se desee por la forma y las dimensiones del surco 20. El paso de la nervadura helicoidal 21 que ha de ser formada dependerá del paso del surco helicoidal 20. Es preciso que la velocidad a la que se mueve el tubo 8 de soporte girando hacia delante sobre el mandril sea regulada cuidadosamente, de forma que se corresponda con la velocidad a la que discurre la nervadura helicoidal 21 a través del surco helicoidal 20.

En la fig. 3, se muestra una segunda realización del aparato en la que partes similares han recibido los mismos números de referencia. Esta vez, se suministra una banda 5' a la sección 1 de enrollamiento que ya comprende una nervadura 21' conectada integralmente o formada sobre la misma. Esta nervadura 21' está fabricada del mismo material poroso o de un tipo similar que el resto de la banda 5'. Además, en la fig. 3, la sección 1 de enrollamiento está dotada de un surco helicoidal 30 corriente abajo.

Durante el enrollamiento, la nervadura 21' discurre a través del surco helicoidal 30 corriente abajo y, así, es enrollada de forma helicoidal a lo largo del resto de la banda 5' en torno a la sección 1 de enrollamiento en el tubo 8 de soporte con forma de tubo. Cuando el tubo 8 de soporte con su nervadura integral 21' pasa subsiguientemente a lo largo de la sección 2 de moldeado y de la sección 3 de tratamiento, la capa 15 de membrana es moldeada y tratada con un grosor uniforme de capa tanto sobre la pared interna del tubo 8 de soporte como sobre las nervaduras 21'. Esto puede verse en la fig. 4.

El paso con el que se enrolla la nervadura helicoidal 21' en torno a la sección 1 de enrollamiento, es igual al paso con el que se enrolla la banda 5' y, así, depende de la anchura de la banda 5' y de la cantidad de superposición de los bordes 6 de banda. Se hace que el paso de los surcos helicoidales 20, 30 corresponda a este paso de la nervadura 21' enrollada de forma helicoidal. Además, se hace notar que el surco helicoidal 20 corriente abajo está dimensionado ligeramente mayor que el surco helicoidal 30 corriente arriba, de forma que la capa 15 de membrana pueda moldearse y tratarse con el grosor deseado de capa sobre la nervadura 21'.

En la fig. 5, se muestra una tercera realización. Esta vez, se suministra la banda 5 junto con una nervadura 50 separada distintiva con forma de cinta hacia la sección 1 de enrollamiento. Esta nervadura 50 con forma de cinta está fabricada de un tipo similar de material poroso que el de la banda 5. Durante el enrollamiento, la nervadura 50 con forma de cinta discurre a través del surco helicoidal 30 corriente abajo. Ahora, en la sección 1 de enrollamiento no solo se sellan entre sí los bordes superpuestos 6 de banda mediante primeros medios 7 de sellado, sino también se sella la nervadura 50 con forma de cinta con la banda 5 mediante segundos medios 51 de sellado. Para su sección de moldeado y de tratamiento, se mantiene el aparato de la fig. 5 igual que en la fig. 3. En la fig. 6, puede verse la membrana tubular que es producida con el aparato de la fig. 5.

En la fig. 7, se muestra una cuarta realización. Esta vez, no se proporcionan surcos helicoidales en el mandril. En vez de ello, se proporciona en el extremo libre de la sección de tratamiento una abertura 70 de boquilla/salida que se conecta con el canal 12 para alimentar material presurizado formador de membrana a la abertura 70 de boquilla/salida. Cuando el tubo 8 de soporte que gira moviéndose hacia delante con su capa 15 de membrana ya moldeada y tratada pasa esta abertura 70 de boquilla/salida, se forma automáticamente una nervadura que se prolonga hacia dentro sobre la capa 15 de membrana. Mediante el curado, la lixiviación y/o el secado subsiguientes

de la membrana tubular así formada, se puede obtener un tipo similar al mostrado en la fig. 2, es decir, con una nervadura helicoidal semipermeable de material formador de membrana dentro de un tubo de soporte enrollado de forma helicoidal.

Además de las cuatro realizaciones anteriores son posibles numerosas variantes. Por ejemplo, las dimensiones y las formas de la nervadura helicoidal pueden variarse fácilmente. El perfil de la nervadura puede ser, por ejemplo, triangular, rectangular, semicircular o de cualquier otra forma. Se ha descubierto que, con el aparato y procedimiento mostrados y descritos, pueden producirse eficazmente a escala industrial membranas tubulares que tienen diámetros que se encuentran entre 5-12 mm. Se hace notar que también se consideran posibles los diámetros entre 1-25 mm. Las longitudes de las diversas secciones del mandril pueden alargarse o acortarse siempre que se desee.

Además, también se hace notar que el mandril con sus diversas secciones puede fabricarse de una o más partes. En la fig. 8, se muestra una parte de un mandril que comprende principalmente las secciones 2 de moldeado y 3 de tratamiento, así como medios 80 de conexión para conectarla con una sección de enrollamiento. Con esto, la sección 2 de moldeado se vuelve algo más larga y comprende la pluralidad de aberturas 13 de salida para suministrar al espacio de alimentación material formador de membrana en un segmento corriente abajo de la misma, mientras que se proporcionan algunas aberturas adicionales 81 de salida en un segmento corriente arriba cerca del inicio del surco helicoidal 20. Así, puede garantizarse mejor que se alimenta suficiente material formador de membrana en la sección 2 de moldeado para también formar la nervadura. En vez de formar meramente una nervadura helicoidal, también es posible formar una pluralidad de nervaduras dentro de la membrana tubular enrollada de forma helicoidal. Para esto, basta proporcionar un número complementario de surcos helicoidales dentro de la sección de tratamiento de la primera realización, o para proporcionar un número complementario de surcos helicoidales dentro de las secciones de enrollamiento y de tratamiento de la realización segunda o tercera, mientras se suministra una banda con un número complementario de nervaduras, o para proporcionar un número complementario de aberturas de boquillas/salidas en el extremo libre de la sección de tratamiento de la cuarta realización. Entonces, las nervaduras respectivas pueden incluso recibir dimensiones y formas diferentes. Por ejemplo, la fig. 9 muestra una realización con dos nervaduras helicoidales que tienen el mismo paso p_1 , p_2 , de las cuales una primera nervadura 90 tiene una altura h_1 mayor que la altura h_2 de una segunda nervadura 91. Así, se aprecia que pueden inducirse turbulencias y flujos secundarios que pueden incluso dar lugar a un índice mejorado adicionalmente de fluctuación-energía del permeato.

Así, se proporciona una membrana tubular enrollada de forma helicoidal que puede fabricarse de una vez en un aparato adecuado teniendo al mismo tiempo una nervadura helicoidal porosa o semipermeable formada sobre la misma que hace que se produzcan turbulencias y flujos secundarios ventajosos durante la filtración y, así, dan lugar a índices de fluctuación-energía del permeato considerablemente más elevados. Las membranas tubulares según la invención pueden fabricarse fácil y rápidamente a bajo coste de forma automatizada. El presente aparato para formar membranas tubulares "lisas" enrolladas de forma helicoidal pueden transformarse fácilmente en membranas según la invención, simplemente, colocando en las mismas un mandril con surcos helicoidales. Las membranas tubulares según la invención pueden usarse ventajosamente para todos los tipos de procesos de filtración como filtración de agua (de desecho), filtración de cerveza, filtración de lácteos, etc.

REIVINDICACIONES

1. Una membrana tubular, que comprende:

- un tubo (8) de soporte fabricado de una o más bandas flexibles (5) de material poroso de soporte que han sido enrolladas de forma helicoidal sobre una forma de tubo con bordes superpuestos (6) de banda que han sido sellados entre sí; y

- una capa semipermeable (15) de membrana fabricada de material (14) formador de membrana en una pared interna del tubo (8) de soporte;

caracterizada porque,

al menos una nervadura helicoidal (21) que se prolonga hacia dentro en dicha pared interna del tubo (8) de soporte, nervadura helicoidal (21) que está cubierta con la capa (15) de membrana o forma parte de la misma, prolongándose la nervadura helicoidal (21) hacia dentro hasta la sección transversal de la membrana para promover turbulencias y flujos secundarios.

2. La membrana tubular según la reivindicación 1, en la que la nervadura (21) tiene un grosor de entre 0,1-10 mm, y/o de entre 1-30% del diámetro interno de la membrana tubular.

3. La membrana tubular según una de las reivindicaciones precedentes, en la que la nervadura (21) ha sido fabricada de material poroso o semipermeable.

4. La membrana tubular según la reivindicación 3, en la que la nervadura (21) ha sido fabricada del mismo material semipermeable (14) que la capa (15) de membrana.

5. La membrana tubular según la reivindicación 4, en la que la nervadura (21) ha sido moldeada y tratada con material (14) formador de membrana junto con el moldeado y el tratamiento de la capa (15) de membrana.

6. La membrana tubular según la reivindicación 4, en la que la nervadura (21) ha sido moldeada y tratada con el mismo material (14) formador de membrana sobre una capa (15) de membrana moldeada y tratada anteriormente.

7. La membrana tubular según la reivindicación 3, en la que la nervadura (21') ha sido fabricada de material poroso de soporte que ha sido cubierto con la capa (15) de membrana.

8. La membrana tubular según la reivindicación 7, en la que la nervadura es una nervadura flexible (50) con forma de banda sellada con la tira (5) y que ha sido enrollada de forma helicoidal junto con la misma.

9. La membrana tubular según la reivindicación 7 u 8, en la que la capa (15) de membrana tiene un grosor uniforme de capa tanto en la pared interna del tubo (8) de soporte como en la nervadura (21', 50).

10. La membrana tubular según una de las reivindicaciones precedentes, en la que se proporcionan dos o más de dichas nervaduras helicoidales (90, 91) extendiéndose separadas entre sí a lo largo de dicha pared interna.

11. La membrana tubular según una de las reivindicaciones precedentes, en la que el tubo (8) de soporte, la capa (15) de membrana y la nervadura helicoidal (21) han sido realizados in situ continuamente de una vez.

12. La membrana tubular según una de las reivindicaciones precedentes, en la que se deposita la capa semipermeable (15) de membrana fabricada de material (14) formador de membrana en la pared interna del tubo (8) de soporte.

13. Un procedimiento para producir una membrana tubular, que comprende las etapas:

- fabricar un tubo (8) de soporte de una o más bandas flexibles (5) de material poroso de soporte dando a la o las bandas (5) enrolladas de forma helicoidal con bordes superpuestos de banda una forma de tubo en torno a una sección (1) de enrollamiento de un mandril, girando continuamente el tubo (8) de soporte y moviéndose hacia delante con respecto al mandril mientras se sellan entre sí los bordes superpuestos de banda; y

- fabricar una capa semipermeable (15) de membrana de material (14) formador de membrana en una pared interna del tubo (8) de soporte;

caracterizado porque

se forma al menos una nervadura helicoidal que se prolonga hacia dentro (21) en dicha pared interna del tubo (8) de soporte, prolongándose la nervadura helicoidal que se prolonga hacia dentro (21) hasta la sección transversal de la membrana para promover turbulencias y flujos secundarios, nervadura helicoidal (21) que, durante la realización del

tubo (8) de soporte y la capa (15) de membrana, es cubierta con la capa (15) de membrana o forma parte de la misma.

14. El procedimiento según la reivindicación 13, en el que la nervadura (21), durante su formación, es guiada a través de uno o más surcos helicoidales (20, 30) en el mandril.

5 15. El procedimiento según la reivindicación 14, en el que la etapa de fabricar la capa (15) de membrana comprende:

- depositar un aditivo líquido del material (14) formador de membrana sobre dicha pared interna guiando el tubo (8) de soporte sobre una sección (2) de moldeo del mandril, sección (2) de moldeo que es alimentada con material presurizado (14) formador de membrana; y

10 - tratar el material depositado (14) formador de membrana a lo largo de dicha pared interna del tubo (8) de soporte guiándolo sobre una sección (3) de tratamiento del mandril,

guiándose la nervadura (21) durante dicho tratamiento a través de un primer surco (20) de dichos uno o más surcos helicoidales (20, 30) que está presente para eso en la sección (3) de tratamiento del mandril.

15 16. El procedimiento según la reivindicación 15, en el que, durante dicho moldeo y dicho tratamiento de la capa (15) de membrana, se forma la nervadura (21) de material semipermeable (14) formador de membrana sobre la capa (15) de membrana o junto con la misma.

20 17. El procedimiento según la reivindicación 15, en el que, dicho moldeo y dicho tratamiento y de la capa (15) de membrana, se forma la nervadura (21) mediante una nervadura con forma de cinta (50) que es enrollada de forma helicoidal junto con la o las bandas (5) en torno a la sección (1) de enrollamiento del mandril y,

en el que durante dicho enrollamiento se guía la nervadura (50) con forma de cinta a través de un segundo surco (30) de dichos uno o más surcos helicoidales (20, 30) que está presente para eso en la sección (1) de enrollamiento del mandril.

25 18. El procedimiento según la reivindicación 17, en el que la nervadura (50) con forma de cinta es alimentada en la sección (1) de enrollamiento separada de la banda (5), y se sella con la banda (5) a lo largo de la sección (1) de enrollamiento.

19. El procedimiento según la reivindicación 13, en el que la etapa de fabricar la capa (15) de membrana comprende:

30 - depositar un aditivo líquido del material (14) formador de membrana sobre dicha pared interna guiando el tubo (8) de soporte sobre una sección (2) de moldeo del mandril, sección (2) de moldeo que es alimentada con material presurizado (14) formador de membrana; y

- tratar el material depositado (14) formador de membrana a lo largo de dicha pared interna del tubo (8) de soporte guiándolo sobre una sección (3) de tratamiento del mandril,

35 en el que el tubo (8) de soporte que gira y se mueve hacia delante con su capa (15) de membrana ya moldeada y tratada pasa una abertura (70) de boquilla/salida que se proporciona en un extremo libre de la sección (3) de tratamiento, para formar la nervadura que se prolonga hacia dentro (21) sobre la capa (15) de membrana.

20. Un aparato para producir una membrana tubular según una de las reivindicaciones 1-12 precedentes, que comprende:

40 - un mandril que tiene al menos una sección de enrollamiento y una de moldeo (1; 2);

- medios de alimentación para alimentar la o las bandas (5) a la sección (1) de enrollamiento;

45 - medios (9) de accionamiento para hacer girar continuamente y mover el tubo (8) de soporte hacia delante con respecto al mandril;

- medios (7) de sellado colocados al lado de la sección (1) de enrollamiento para sellar entre sí los bordes superpuestos de la banda; y

50 - medios de alimentación para alimentar la sección (2) de moldeo de material presurizado (14) formador de membrana,

caracterizado porque,

se proporcionan uno o más surcos (20, 30) en el mandril para guiar la al menos una nervadura helicoidal (21) que se prolonga hacia dentro durante su formación en la pared interna del tubo (8) de soporte.

21. Un aparato según la reivindicación 20, en el que el mandril comprende una sección (3) de tratamiento para tratar el material depositado (14) formador de membrana a lo largo de dicha pared interna del tubo (8) de soporte guiándolo sobre esta sección (3) de tratamiento y,

5 en el que un primer surco (20) de los uno o más surcos helicoidales (20, 30) está presente en la sección (3) de tratamiento del mandril.

22. Un aparato según la reivindicación 21, en el que un segundo surco (30) de los uno o más surcos helicoidales (20, 30) está presente en la sección (1) de enrollamiento del mandril.

10 23. Un aparato según una de las reivindicaciones 20-22 precedentes, en el que la sección (1) de enrollamiento tiene forma cilíndrica y tiene un diámetro (Dw) que se corresponde sustancialmente con el diámetro interno (d1) del tubo (8) de soporte que ha de ser formado, y

15 en el que la sección (3) de tratamiento tiene forma cilíndrica y tiene un diámetro (Dd) que se corresponde sustancialmente con el diámetro interno (d2) de la capa (15) de membrana que ha de ser formada,

en el que la sección (2) de moldeo tiene forma cilíndrica y tiene un diámetro (Dc) que es menor que el diámetro (Dd) de la sección (3) de tratamiento, así como menor que el diámetro (Dw) de la sección (1) de enrollamiento,

20 en el que los uno o más surcos helicoidales (20, 30) tienen un grosor de entre 0,1-10 mm y/o de entre 1-30% del diámetro interno (d2) de la membrana tubular.

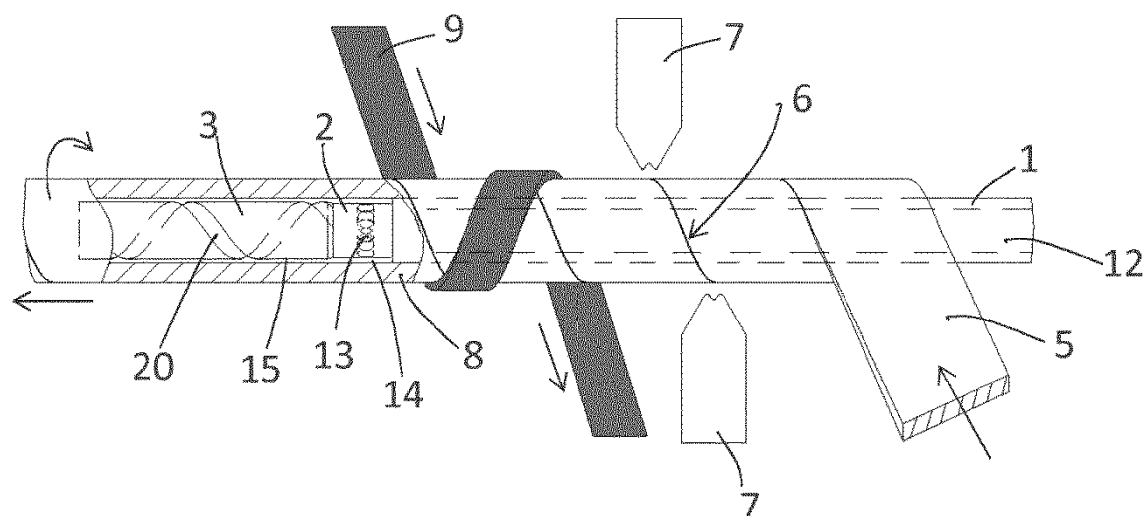


fig. 1

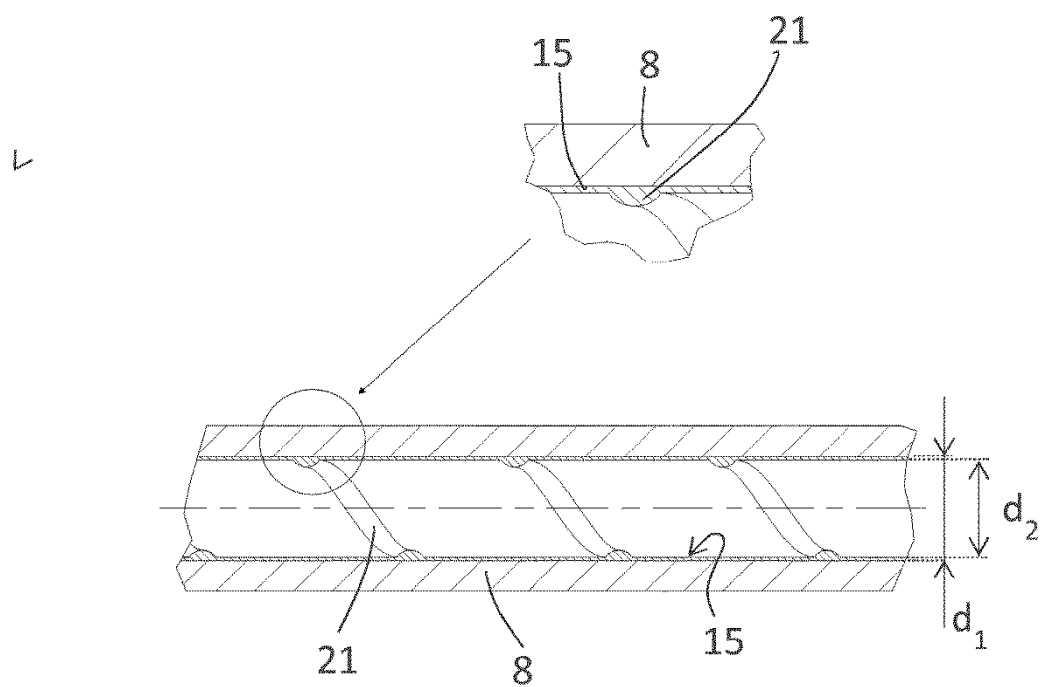


fig. 2

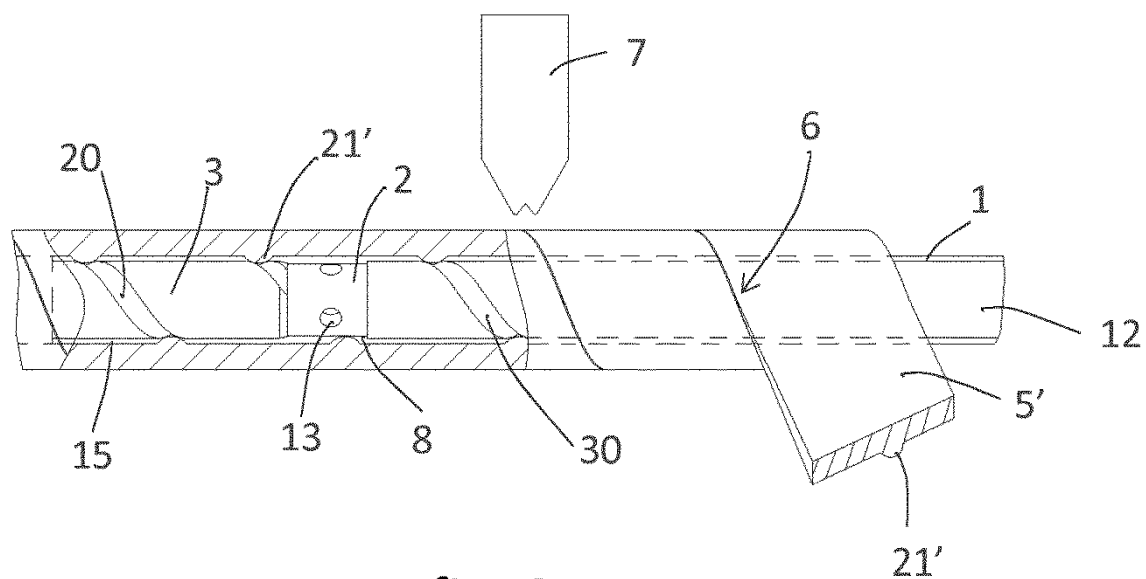


fig. 3

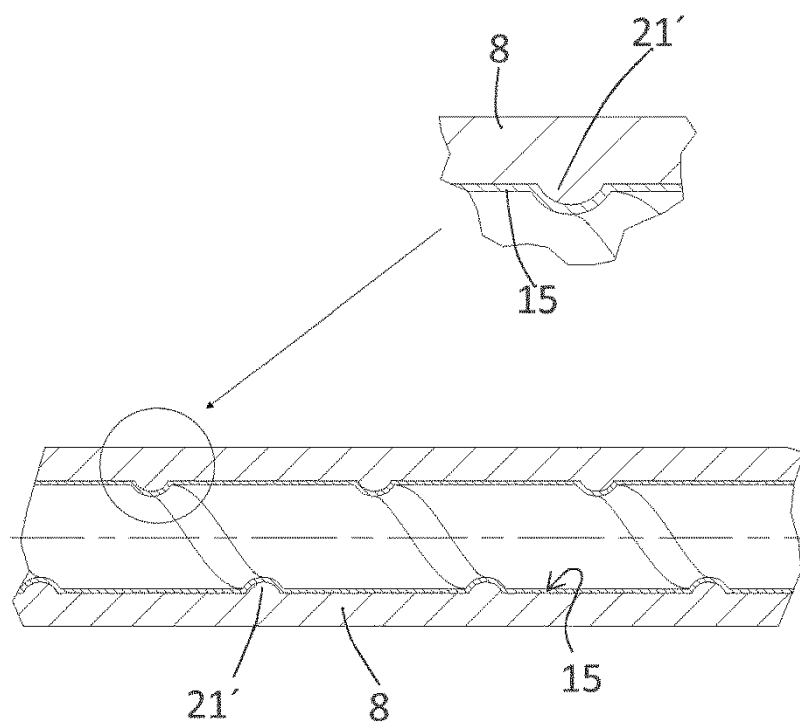
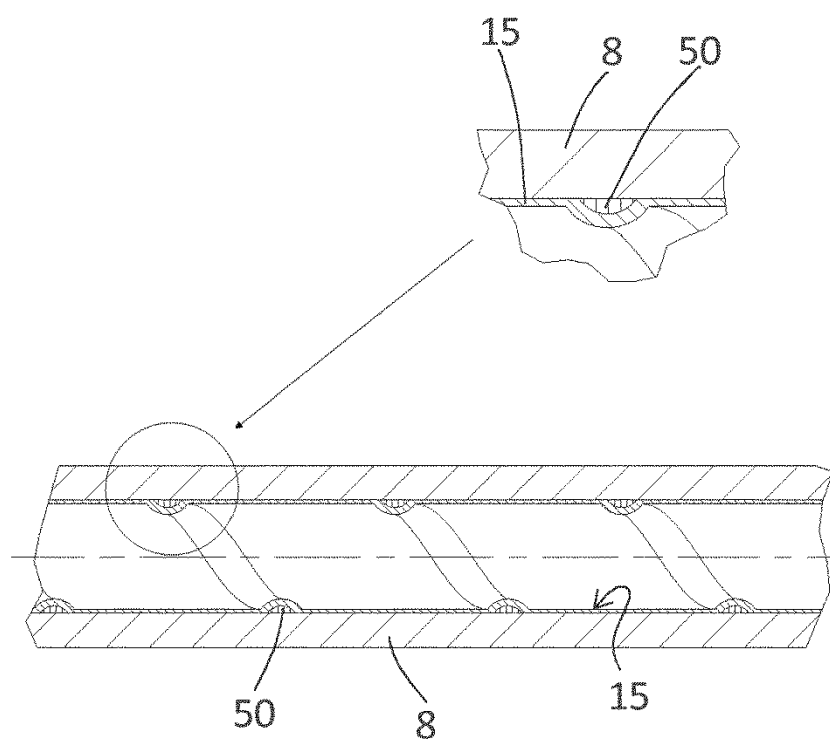
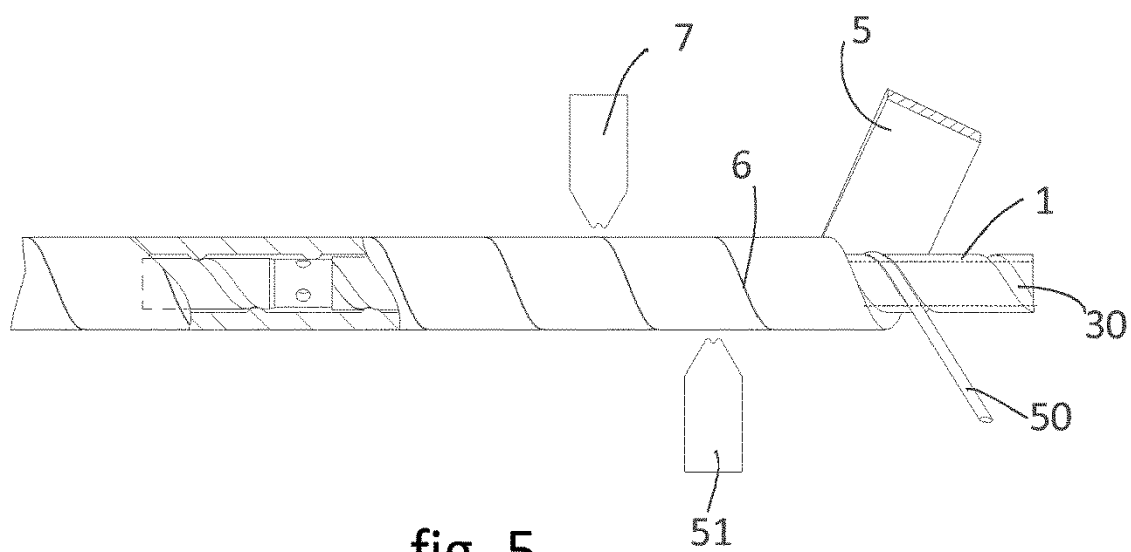


fig. 4



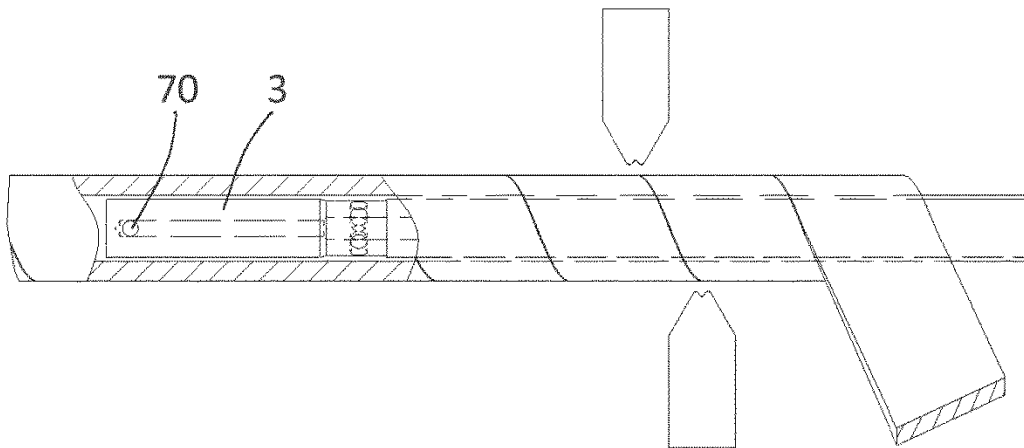


fig. 7

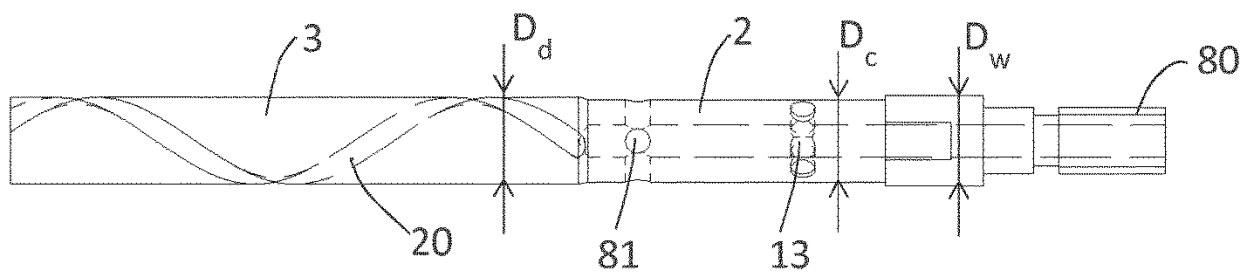
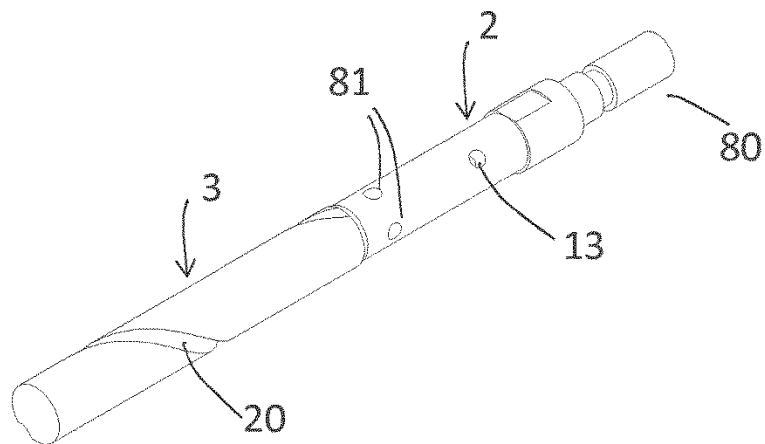


fig. 8

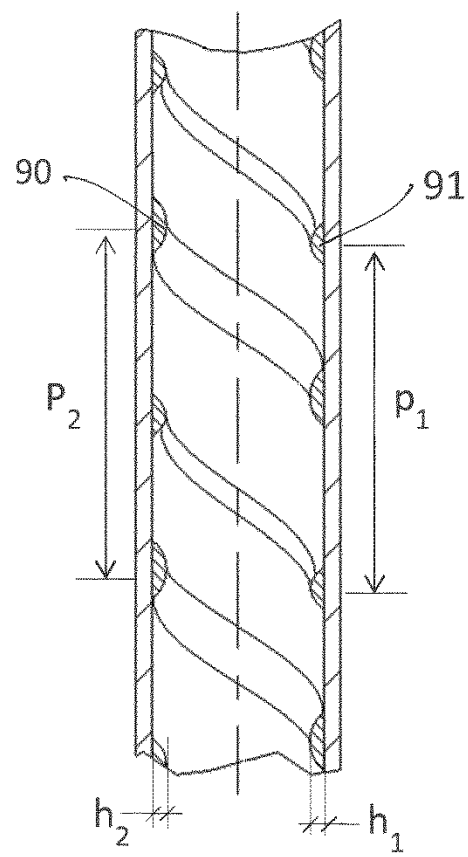


fig. 9