

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 940 820**

51 Int. Cl.:

**B32B 3/28** (2006.01)

**B01D 29/52** (2006.01)

**B32B 7/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.04.2011 PCT/CA2011/050201**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.10.2011 WO11130853**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2011 E 11771458 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.03.2023 EP 2560811**

54 Título: **Elemento de membrana de lámina formada y sistema de filtración**

30 Prioridad:

**20.04.2010 US 325972 P**

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

**11.05.2023**

73 Titular/es:

**FIBRACAST LTD. (100.0%)  
525 Glover Road  
Hannon, Ontario L0R 1PO, CA**

72 Inventor/es:

**TOMESCU, IONEL y  
SIMON, RAFAEL**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 940 820 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**

Elemento de membrana de lámina formada y sistema de filtración

Campo

5 Esta especificación se refiere a los dispositivos para la separación de membranas y los métodos para fabricarlos, y en particular a los elementos o módulos de membrana de microfiltración (MF), ultrafiltración (UF) o nanofiltración (NF) adecuados para operación inmersa, alternativamente llamada sumergible.

Antecedentes

Lo siguiente no es una admisión de que todo lo discutido a continuación sea de conocimiento general común o citable como estado de la técnica.

10 Las membranas MF o UF inmersas pueden fabricarse en una lámina plana, denominada alternativamente configuración de placa y marco. En esta configuración, se fabrica un rodillo de lámina de membrana fundiendo una capa de separación polimérica fundida sobre un rodillo de sustrato no tejido. Dos piezas generalmente rectangulares de lámina de membrana se unen en sus bordes, por ejemplo mediante soldadura supersónica, en lados opuestos del marco de plástico hueco. Esto crea un panel con un canal interior hueco para recoger el agua filtrada, llamada  
15 alternativamente permeado. Varios paneles se deslizan uno al lado del otro en un marco que puede ser inmerso en agua para filtrar. El interior de los paneles está conectado al lado de succión de una bomba para extraer el permeado a través de las láminas de la membrana. Las burbujas provistas desde debajo del marco hacen que un flujo mixto de burbujas y líquido suba a través de las ranuras verticales entre los paneles para mantener limpias las superficies de la membrana. Ejemplos de este tipo de dispositivo se muestran en números de patente US 5,482,625; 5,651,888;  
20 5,772,831; 6,287,467; y, 6.843.908, todos propiedad de Kubota Corporation.

Los módulos de membrana de lámina plana son generalmente robustos y tienen un bajo coste de fabricación (en relación con las membranas de fibra hueca) porque pueden verse en una lámina ancha. Sin embargo, las membranas de lámina plana tienen densidades de empaquetamiento (área de superficie de membrana por unidad de volumen del módulo) bajas en relación con las membranas de fibra hueca, por lo que el coste total de una gran planta de lámina plana puede ser muy alto. Además, los paneles de membrana de lámina plana típicos no se pueden lavar a contracorriente de forma vigorosa lo suficientemente como para limpiar las membranas mecánicamente.

Una variación de un elemento de membrana de lámina plana se muestra en el número de publicación internacional WO 2007/036332 a Microdyn-Nadir GMBH. En estos elementos, se vierten dos capas de material de membrana sobre los lados frontal y posterior de un tejido que tiene un área central porosa entre dos capas densas. El área central proporciona un canal de permeado que también conecta las dos capas densas, lo que permite que el elemento se lave a contracorriente para la limpieza mecánica. Estos elementos no requieren un marco de cuatro lados y tienen un grosor de aproximadamente 2 mm, que es más delgado que los elementos de placa y marco descritos anteriormente. Sin embargo, estos elementos también son flexibles y están separados unos 10 mm de centro a centro en un marco. La densidad de empaquetamiento es mejor que la de los elementos de placa y marco descritos anteriormente, pero sigue siendo mucho menor que la de un módulo de membrana de fibra hueca. El área central de la tela, aunque porosa, también proporciona una resistencia contra el flujo en el canal de permeado y aumenta el coste del elemento. Además, el documento US 2005/115891 describe un dispositivo para limpiar un fluido que comprende un primer y un segundo tejido de membrana, cuyos tejidos de membrana, sin embargo, no están unidos entre sí a través de un inserto en forma de lámina o un inserto rígido.

40 Introducción

La siguiente introducción pretende introducir al lector a la descripción detallada que sigue y no limitar o definir ninguna invención reivindicada. La presente invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

Una pieza de material de sustrato, por ejemplo, una tela no tejida, se forma bajo calor y presión, por ejemplo, contra la superficie interna de una cavidad de molde, en una lámina de sustrato conformada que tiene una o más depresiones, por ejemplo, una serie de depresiones generalmente paralelas, relativas a un plano. Dos láminas de sustrato, al menos una de las cuales tiene depresiones, se unen juntas, a lo largo y junto a los bordes de las depresiones. Una lámina intermedia adicional se une entre las dos láminas de sustrato.

Las dos láminas de sustrato forman un sustrato que tiene una pluralidad de canales interiores en combinación con la lámina intermedia. Si las piezas de material de sustrato no se recubrieron previamente con un material de membrana, el sustrato se recubre con una solución y se enfría o coagula para formar una lámina de membrana.

La lámina de membrana es generalmente plana, pero con una o más crestas correspondientes a los canales interiores que proporcionan un área de superficie mayor que el área de una placa plana equivalente. Los canales interiores proporcionan pasajes abiertos para que el permeado fluya hacia los bordes de la lámina. Una lámina de membrana se une a lo largo de una o más líneas entre los canales interiores así como a lo largo de los bordes exteriores paralelos a las depresiones. Cuando se unen entre sí entre un número suficiente de canales interiores, opcionalmente en cada

lado de cada canal interior, la lámina de membrana se puede usar sin un marco de cuatro lados y se puede limpiar mecánicamente mediante lavado a contracorriente.

5 Se puede colocar una pluralidad de láminas de membrana una al lado de la otra en un haz. Los bordes de penetración de las láminas de membrana, que intersecan y están abiertos a uno o más de los canales interiores, pueden estar separados de los bordes de láminas de membrana adyacentes en el haz mediante espaciadores. El haz está conectado a uno o más cabezales para producir un módulo. La conexión a un cabezal puede ser permanente o removible. Se puede ensamblar una pluralidad de módulos en un casete. El casete puede contener los módulos en un tanque de agua a filtrar de manera que las membranas sean generalmente verticales y los canales interiores sean generalmente horizontales. El permeado fluye hacia los cabezales, que se encuentran a los lados del casete. El líquido que se filtra y, opcionalmente, las burbujas de gas, fluyen verticalmente a través de los espacios entre las membranas.

#### Dibujos

La figura 1 es una vista isométrica de una lámina de sustrato formada.

La figura 2 es una vista isométrica de una lámina de sustrato como en la figura 1 en la cavidad de abajo de un molde.

15 La figura 3 es una vista isométrica de una lámina de sustrato en la cavidad de abajo de un molde como en la figura 2 con un inserto de molde en la lámina de sustrato.

La figura 4 es una vista isométrica de una lámina de sustrato en la cavidad de abajo de un molde con un inserto de molde en la lámina de sustrato como en la figura 3 con una cavidad superior del molde.

La figura 5 (no de acuerdo con la invención) es una sección transversal de un sustrato hecho de dos láminas de sustrato formadas como en la figura 1.

20 La figura 6 (no de acuerdo con la invención) es una vista isométrica del sustrato de la figura 5.

La figura 7 (no de acuerdo con la invención) es una sección transversal de una membrana que tiene un recubrimiento semipermeable sobre un sustrato como en la figura 5.

La figura 8 (no de acuerdo con la invención) es una vista isométrica en despiece de una pluralidad de membranas como en la figura 7 ensambladas en un haz.

25 La figura 9 es una vista de extremo de un haz de membranas.

La figura 10 es una sección transversal de un haz de membranas encapsulado en un extremo en un cabezal de permeado.

La figura 11 es una vista desde arriba del módulo de membrana que tiene un haz de membrana encapsulado en cabezales de permeado en ambos extremos.

30 La figura 12 es una vista desde arriba de un casete que tiene una pluralidad de los módulos de la figura 11.

La figura 13 es una vista ampliada de una esquina del casete de la figura 12.

La figura 14 es una vista lateral del casete de la figura 12.

La figura 15 es una vista lateral de una lámina de permeado que tiene una lámina plana intermedia entre dos láminas de sustrato.

35 La figura 16 es una vista lateral de una lámina de permeado hecha con sustratos que tienen un perfil ondulado.

#### Descripción detallada

En esta especificación, una "lámina" o "lámina de sustrato" normalmente se refiere a una pieza de un material de sustrato, que se puede moldear para tener una pluralidad de depresiones. Una "lámina permeada" o un "sustrato" normalmente se refiere a dos láminas unidas entre sí. Un "canal de permeado" normalmente se refiere a un canal en el interior de un sustrato definido por las superficies internas de las láminas, a través del cual el líquido puede fluir paralelo al plano del sustrato hasta el borde del sustrato. Un "conector" puede referirse a una porción de una lámina entre dos depresiones adyacentes, o a una porción de una lámina de permeado entre dos canales de permeado adyacentes. Un "inserto" puede referirse a una parte de un molde que se coloca entre un troquel de arriba y de abajo del molde y se usa para dar forma a parte o a toda la superficie interior de una depresión o un canal de permeado.

45 Una "lámina de membrana" puede referirse a una lámina de permeado que tiene una capa de separación recubierta sobre ella.

En un ejemplo de una lámina y un método para fabricarla, que se describirá con más detalle a continuación, una lámina está hecha de una pieza de un material no tejido que se trata térmicamente y se presiona en una cavidad para formar una forma que tiene una pluralidad de depresiones, alternativamente llamadas ondulaciones. En el ejemplo descrito

en este documento, las depresiones están separadas por conectores. Los conectores contactan o se encuentran en un plano común. En el ejemplo descrito en este documento, los conectores son esencialmente planos y las depresiones son esencialmente semicilíndricas. Dos de estas láminas están unidas entre sí en uno o más, preferiblemente todos, de sus conectores y en sus dos bordes exteriores, alternativamente llamados bridas, que son paralelos a las depresiones. Esto forma una lámina de permeado que tiene un arreglo de canales de permeado generalmente cilíndricos paralelos, cada canal formado por dos de las ondas semicilíndricas, una de cada una de las láminas. En la presente invención, las dos láminas de material de sustrato están: a) unidas entre sí entre uno o más canales internos a través de un inserto en forma de lámina entre toda el área de las dos láminas de material de sustrato; y/o b) unidos entre sí entre: (i) los bordes exteriores paralelos a las depresiones; y/o (ii) la una o más líneas entre los canales internos, a través de al menos un inserto rígido hecho de un material muy delgado y de alta resistencia a la tracción. La lámina de permeado tiene dos bordes abiertos perpendiculares a los canales, donde se descargan los canales de permeado. La lámina de permeado se puede recortar si es necesario hasta un tamaño y una forma finales. Si la lámina no se recubrió previamente con un material de membrana, la lámina de permeado se alimenta a un recubridor donde se vierte una solución de membrana sobre las superficies exteriores de la lámina de permeado. La lámina de permeado recubierta pasa luego a un baño de enfriamiento o de coagulación en donde la solución se transforma en un material de membrana sólido que tiene una capa de separación. El material de la membrana se puede formar mediante un proceso de separación de fases, por ejemplo, un proceso TIPS o NIPS. La lámina de membrana resultante se retira del baño de enfriamiento rápido y se enjuaga e impregna (si es necesario) y se seca. Una pluralidad, por ejemplo entre 2 y 50 láminas de membranas, se pueden unir por sus extremos abiertos de acuerdo con un espacio objetivo entre láminas para formar un haz. Al menos un extremo abierto del haz está unido, de forma permanente o con un sello removible, a un cabezal permeable para formar un módulo. El módulo puede someterse a prueba de integridad, por ejemplo, mediante una prueba de caída de presión. Los módulos se ensamblan en un casete que comprende elementos estructurales para hacer que el casete sea adecuado para su inserción en un tanque de filtración. Las láminas de membrana están orientadas generalmente de forma vertical en el tanque, con los canales orientados generalmente de forma horizontal y los cabezales situados a los lados del casete y orientados generalmente de forma vertical. Preferiblemente, el casete también tiene una rejilla de aireación inferior configurada para descargar burbujas en los espacios entre las láminas de membrana. Las figuras, que se discutirán en detalle a continuación, muestran un ejemplo de una lámina, un molde para hacer la lámina, un módulo y un casete.

Haciendo referencia a la figura 1, una lámina 7 está hecha de una pieza de material textil no tejido. La lámina 7 que ha sido prensada en una forma que tiene una serie de depresiones 6 semicilíndricas paralelas espaciadas a intervalos predeterminados y separadas por conectores 5 planos. Las depresiones exteriores están bordeadas por dos bridas 4 de borde. El radio de las depresiones 6 semicilíndricas puede estar, por ejemplo, entre 0.3 mm y 50 mm según la aplicación.

Con referencia a las figuras 2 a 4, se usa un molde 10 que comprende una cavidad 9 de abajo, una cavidad 11 de arriba y una pluralidad de insertos 8 (solo se muestra uno) para el proceso de formación. La cavidad 9 de abajo coincide con la forma exterior de la lámina 7 moldeada final. Los insertos 8 pueden ser metálicos y se utilizan junto con las cavidades 9, 11 para formar las depresiones 6 semicilíndricas. Los insertos 8 pueden ser componentes separados del molde 10 o integrados en la cavidad 11 de arriba del molde 10. Cuando el molde tiene incorporados insertos 8, pueden ser fijos o tener la capacidad de girar libremente. Los insertos 8 giratorios o separados permiten el deslizamiento del material de sustrato no tejido durante un paso de cierre del molde. Se utilizan materiales altamente pulidos (acabado de espejo) para las dos cavidades 9, 11 del molde y los insertos 8. Una pieza de sustrato no tejido inicialmente plana se carga en la cavidad 9 de abajo del molde (figura 2). Esta pieza se corta inicialmente a dimensiones predeterminadas. Después de cargar la pieza de sustrato, las inserciones 8 se colocan sobre la pieza de sustrato (si no están integradas en la cavidad 11 de arriba) y la cavidad 11 de arriba se coloca sobre las inserciones 8. A continuación, se cierra el molde 10 y se aplica presión entre las cavidades 9, 11, por ejemplo, sujetándolas entre sí. La cavidad 11 de arriba y los insertos 8 presionan la lámina 7 en la cavidad 9 de abajo.

La cavidad 11 de arriba del molde 10 prototipo tiene la misma forma interior que la cavidad 9 de abajo. El molde 10 que se muestra en las figuras 2 a 4 es capaz de moldear 2 láminas al mismo tiempo insertando otra pieza de sustrato entre los insertos 8 y la cavidad 11 de arriba antes de cerrar el molde 10. Cada cavidad del molde está preferiblemente bien mecanizada dentro de tolerancias estrechas para proporcionar un buen control sobre el grosor y la forma de la lámina 7 final. En particular, la sobrecompactación de cualquier parte de la lámina 7 es indeseable. Se aplica calor durante el proceso de moldeo. Después de la fase de calentamiento, el molde se enfría en posición cerrada hasta que la lámina (o láminas) es capaz de mantener su forma. De esta manera, una lámina 7 se calienta inicialmente y luego se enfría mientras se presiona contra la superficie interior de una cavidad 9. La lámina 7 se calienta preferiblemente a su temperatura de deflexión térmica (HDT) o más mientras se presiona contra la superficie interna de la cavidad 9. La lámina 7 también se enfría preferiblemente por debajo de su HDT, y más preferiblemente por debajo de su temperatura de transición vítrea (Tg), mientras se presiona contra la superficie interior de la cavidad 9. La lámina 7 adquiere así una forma permanente que tiene una superficie exterior correspondiente a la superficie interior de la cavidad.

Se puede usar como material de sustrato una tela no tejida, por ejemplo, una tela a base de poliéster utilizada normalmente como sustrato para membranas UF de lámina plana. Se probaron muestras de diferentes proveedores utilizando un molde prototipo, incluida una muestra de Hirose (05TH-80W), 3 grados de 3M Powell y múltiples grados de Crane Nonwovens, AWA Paper y Ahlstrom. Los materiales del sustrato tenían grosores que oscilaban entre 80 y 120 micras y una permeabilidad al aire de 5 a 15 cc por centímetro cuadrado por segundo. Los materiales del sustrato

se secaron antes del moldeo. Los materiales del sustrato generalmente tienen una matriz de fibras cortas unidas térmicamente y fibras de refuerzo más largas. Todas las muestras analizadas produjeron láminas 7 aceptables.

Según la composición del sustrato, la temperatura de moldeo es de al menos 100 F (38 grados Celsius) y varía en las pruebas entre 300 y 500 F (149 y 260 grados Celsius). En comparación, la Tg del poliéster es de aproximadamente 60 a 75 grados Celsius, la HDT del poliéster es de aproximadamente 170 a 177 grados Celsius y el punto de fusión (Tm) del poliéster puede ser de aproximadamente 255 grados Celsius, todas estas temperaturas están sujetas a variación dependiendo de la forma del poliéster. La temperatura está preferiblemente por encima de la HDT de las fibras de matriz y las fibras de refuerzo, y opcionalmente también por encima del punto de fusión de las fibras de matriz, pero preferiblemente por debajo del punto de fusión de las fibras de refuerzo. El molde se calienta durante el tiempo suficiente para que el sustrato asuma una forma correspondiente a la superficie interna de la cavidad 9, 11, pero en una combinación de tiempo y temperatura que mantiene una porción sustancial de la permeabilidad al aire del sustrato de manera que una solución de membrana aún puede penetrar y anclarse al sustrato. Se proporcionó calor colocando el molde 10 en un horno de temperatura controlada. El tiempo del ciclo varió entre 5 y 10 minutos para calentar y más de 30 minutos para enfriar. Para la producción, se puede esperar que un molde con líneas integradas de agua (u otro agente de enfriamiento) (similar al moldeo por inyección) acorte significativamente el proceso de enfriamiento. Los componentes del molde 9, 8, 11 se dimensionan para producir un grosor de lámina 7 final deseado, por ejemplo entre 0.05 y 0.1 mm. La lámina 7 formada tenía un grosor de 0.075 mm cuando se fabricó en un primer molde prototipo. Es aceptable cierta compactación, y posiblemente preferible, para reducir el grosor de la pared y aumentar la capacidad de la lámina 7 para mantener una forma moldeada. Las presiones de cierre y mantenimiento del molde estaban en el rango de 15 a 20 psi. Un molde para una lámina 7 muy grande puede requerir una presión de cierre más alta pero puede usar la misma presión de retención. Dos láminas 7 se moldearon simultáneamente en el primer molde prototipo utilizando insertos 8 metálicos cilíndricos extraíbles. Las láminas 7 moldeadas mantuvieron un radio interior y exterior que coincidía con los insertos 8 y las cavidades 9, 11 utilizadas en el molde. El radio de las superficies internas de las depresiones en las cavidades 9, 11 en el molde 10 prototipo era de aproximadamente 1.5 mm. En un segundo molde prototipo, el radio de las superficies internas de las depresiones en las cavidades era de aproximadamente 0.6 mm. Un diámetro óptimo para la microfiltración o la ultrafiltración de agua puede estar más cerca de 0.7 mm para maximizar la densidad de empaquetamiento con una caída de presión del lumen aceptable.

Haciendo referencia a las figuras 5 y 6 como referencia, después del moldeo, las láminas 7 se recortan a las dimensiones finales y un par de láminas 7 se ensamblan en una lámina 20 de permeado. Las láminas 7 se unen entre sí en las áreas 12 de unión. Las láminas 7 fabricadas en el molde prototipo como se ha descrito anteriormente se unieron entre sí utilizando varios tipos de adhesivos, incluidos epoxi, adhesivos a base de agua y poliuretanos. El mismo molde 10 que se usó para formar las láminas 7 se usó para fusionar dos láminas 7. Para eliminar la adherencia de las áreas 12 de unión al molde 10 y la contaminación de la superficie que posteriormente se recubrirá con una membrana, debido a la penetración total del agente de unión a través del material del sustrato, se prefieren adhesivos de mayor viscosidad. Dos láminas 7 fabricadas en el primer prototipo de molde como se ha descrito anteriormente, cuando se fusionaron, crearon una lámina 20 de permeado con canales cilíndricos que tenían un diámetro exterior de 3 mm y una separación entre los diámetros exteriores de aproximadamente 2 mm. La dimensión total de la lámina 20 de permeado era de aproximadamente 10 pulgadas (25 cm) por 1 1/2 pulgadas (37 cm), aunque se pueden fabricar láminas 7 más grandes. Dos láminas 7 fabricadas en el segundo molde prototipo crearon una lámina 20 permeada con canales cilíndricos que tenían un diámetro exterior de 1.2 mm y una separación entre los diámetros exteriores de aproximadamente 1 mm. Estas láminas 20 eran de aproximadamente 125 mm por 120 mm. Las láminas 20 de permeado formadas de ambos moldes prototipo eran autoportantes y mantuvieron su forma con transiciones nítidas entre las depresiones 6 y los conectores 5.

En general, dos láminas 7 se pueden unir usando materiales termoestables como poliuretanos, epoxis o siliconas o usando de tipo fusión en caliente (termoplásticos) u otros adhesivos 19. El proceso de pegado puede tener lugar en un molde de pegado separado similar al molde 10 usado para formar las láminas 7. Primero, la lámina de abajo se carga en el molde. El pegamento se aplica mediante un dosificador, por ejemplo un rodillo o una cabeza de impresión de pegamento movida por servos controlados por un ordenador. A continuación, se pueden colocar insertos cilíndricos dentro de las formas semicirculares previamente moldeadas. El diámetro exterior de estos insertos coincidirá con el ID previsto de los canales de permeado. El uso de insertos es opcional, pero los insertos ayudan a garantizar una buena redondez de los canales de permeado. Sin embargo, el proceso de ensamblaje también se realizó en el molde 10 de formación de prototipos sin el uso de sus insertos 8. En este caso, obviamente se eliminan los pasos del proceso relacionados con la carga y extracción de los insertos. Una lámina 7 de abajo se carga en una cavidad de abajo del molde y una lámina 7 de arriba se carga en una cavidad de arriba del molde 10. Después de cerrar el molde, las dos láminas se tocarán solo en el área de unión. Con el molde cerrado, se puede aplicar presión y calor a la estructura recién creada si así lo requiere el adhesivo utilizado. La superficie de contacto se pegará formando una lámina 20 de permeado. Una vez que se completa el ciclo, se abre el molde y se retiran los insertos. La lámina 20 de permeado se retirará del molde de encolado, se recortará a las dimensiones finales si es necesario y se transferirá a una máquina de fundición. Las láminas 7 pueden comprender fibras de baja energía superficial, por ejemplo, de tereftalato de polietileno (PET), lo que puede dificultar la consecución de una unión fuerte. Se proporcionan uniones particularmente fuertes incluso en láminas 7 basadas en PET mediante el uso de sistemas adhesivos de metacrilato de metilo (MMA), epoxis y adhesivos de fusión en caliente de poliuretano (PUR).

Otra opción para unir es usar alambres termoplásticos (fundidos en caliente). Los alambres se colocan en la parte de arriba de la lámina de abajo centrados en las áreas 12 de unión. La otra lámina 7, cargada en el otro lado del molde, se colocará en la parte de arriba de la primera lámina. Se aplica presión y temperatura hasta que los alambres se fundan, penetran superficialmente las dos láminas 7 y las fusiona. Como se describió antes, el proceso se puede realizar con o sin el uso de insertos.

Un tercer método de ensamblaje que se puede utilizar es la soldadura sónica, por fricción o por láser. La continuidad de la unión a lo largo del conector no es primordial para el proceso, ya que el permeado que fluye de un canal a otro no genera contaminación. Soldadura por láser con una placa posterior de PTFE negro detrás de las áreas 12 de unión, o con un material de soldadura que absorba el infrarrojo cercano tal como el sistema Clearweld™ vendido por Gentex Corporation entre las láminas 7, proporciona una unión particularmente fuerte.

Para aumentar la superficie activa de la lámina de permeado y la resistencia estructural de la lámina 20 de permeado de acuerdo con la invención, se utiliza un método de ensamblaje diferente. Se puede colocar un material poroso delgado entre las dos láminas antes del proceso de ensamblaje. Este medio portador de permeado permitirá que el líquido que atraviesa la membrana en el área de conectores 6 fluya entre las dos láminas 7 en el área 12 de unión hacia los canales de permeado y hacia los cabezales de permeado. La soldadura o un adhesivo pueden unir las dos láminas (a través del material poroso) y dar resistencia estructural a la lámina 20 de permeado durante el proceso de lavado a contracorriente. Sin embargo, tal material poroso es meramente opcional. No es necesario que el permeado fluya entre un canal de permeado y otro, y parte del permeado puede fluir desde el área del conector hacia un canal de permeado incluso en ausencia de un material poroso. De forma opcional, particularmente si la lámina de membrana no se lavará a contracorriente pero posiblemente incluso si se lavará a contracorriente, una unión soldada o adhesiva entre las láminas 7 o entre las láminas 7 y un material intermedio puede ser discontinua, por ejemplo en forma de una serie de adhesivos. puntos a lo largo de los conectores 5, para permitir que el área de los conectores 5 pase más permeado.

Para mayor resistencia, una lámina 20 de permeado tiene, de acuerdo con una primera alternativa de la invención, un inserto rígido intercalado entre las dos láminas 7 en los bordes 4 o en una o más de las áreas 5 conectoras, o en ambas. El refuerzo se añade durante el proceso de ensamblaje descrito anteriormente. Los insertos rígidos están hechos de materiales muy delgados de alta resistencia a la tracción, preferiblemente materiales plásticos con o sin refuerzo. Compensarán las tensiones generadas por el aumento de peso durante las operaciones de campo cuando la lámina de permeado se instala con los canales de permeado en posición horizontal. La orientación de las láminas en un módulo estará determinada por el tipo de aplicación, los cálculos hidráulicos y el tipo de proceso utilizado para los protocolos de limpieza y protección contra incrustaciones. Se pueden colocar refuerzos adicionales en el centro de la lámina 20 de permeado o en otros lugares a lo largo de la lámina 20 de permeado.

Como se muestra en la figura 15, de acuerdo con una segunda alternativa de la invención, se proporciona un material intermedio o inserto por medio de un inserto en forma de lámina 50 entre toda el área de dos láminas 7, creando así dos canales de permeado semicilíndricos para cada canal de permeado cilíndrico que se formaría sin el inserto 50. Este inserto 50 puede ser rígido para reforzar las láminas 7 como se ha descrito anteriormente, o puede ser permeable para aumentar la actividad del área 5 conectora de las láminas 7 como se ha descrito anteriormente. El inserto 50 también puede utilizarse, sea rígido o no y sea poroso o no, para permitir la unión de las láminas 7 entre sí. Se puede aplicar un material adhesivo o que mejore la soldadura, por ejemplo, rociado en una capa delgada o impreso como líneas o una rejilla de puntos, en ambos lados del inserto 50. Colocar el inserto 50 entre dos láminas 7 proporciona un método alternativo para aplicar un adhesivo o material para mejorar la soldadura a los conectores 5. Ya sea que se aplique previamente un adhesivo o no, el inserto 50 también puede ayudar a proporcionar una unión segura entre las láminas 7 si no hay una distinción nítida entre las depresiones 6 y los conectores 5, por ejemplo, si las láminas 7 tienen una forma ondulada como se muestra en la figura 16. El inserto 50 puede ser, por ejemplo, una película sólida, por ejemplo de mylar, o una lámina no tejida tal como una matriz tridimensional de fibras de poliamida (PA, nailon).

Después de que se forma la lámina 20 de permeado, se vierte una solución de membrana polimérica en ambas caras. Esto se puede hacer simultáneamente para ambos lados o en secuencia (un lado a la vez). La lámina 20 de permeado pasa a través de un dispositivo de fundición que aplica la solución. El dispositivo de fundición tiene un troquel, análogo a la hilera de un dispositivo de recubrimiento de fibra hueca, con una forma que corresponde a la forma exterior de la lámina 20 de permeado. La solución se lleva al dispositivo de fundición cuando la lámina 20 de permeado está presente utilizando presión de gas o una bomba de engranajes dosificadores. Se controla la velocidad y el grosor de la capa de solución de aplicada. También se controlan otros parámetros del proceso, como la viscosidad de la solución de, la temperatura y las presiones internas dentro del dispositivo de fundición. El dispositivo de fundición tiene una forma que coincide con la forma exterior de la lámina 20 de permeado. La lámina 20 de permeado se alimenta al dispositivo de fundición vertical u horizontalmente, sin embargo, la alimentación vertical reduce la tendencia de la solución a fluir hacia las áreas 12 de unión. La salida del dispositivo de fundición conduce a una brecha para permitir la dispersión de la solución sobre la lámina 20 de permeado con un grosor generalmente constante. Posteriormente, la lámina 20 de permeado recubierta pasa a través de baños de coagulación y aclarado. Este proceso formará una capa 23 de membrana sólida en la parte de arriba de la lámina 20 de permeado por medio de un proceso de formación de membrana de inversión de fase como se muestra en la figura 7 para producir una lámina 24 de membrana. A continuación, las láminas 24 de membrana se aclaran, se impregnan (solo UF) y se secan en un proceso fuera de línea. Las láminas 20 de membrana fabricadas en el primer molde prototipo se recubrieron con polisulfona en una

capa de aproximadamente 140 micras de grosor. La polisulfona impregnó la lámina 20 de permeado pero llenó los canales de permeado interiores de la lámina 24 de membrana.

Alternativamente, también se puede fabricar una lámina 24 de membrana formando una membrana sobre una lámina de sustrato antes de fabricar una lámina 7. Una membrana de lámina plana se puede verter en una máquina de fundición normal. A continuación, la membrana de lámina plana se forma en el molde 10 en una lámina de membrana moldeada y se ensambla junto con otra lámina de este tipo en una lámina 24 de membrana. El proceso de moldeo tendrá un tiempo de ciclo diferente y utilizará diferentes parámetros de proceso.

Haciendo referencia a las figuras 8, 9 y 10, se pueden combinar varias láminas 24 de membrana para formar un haz 26. Si bien se puede usar cualquier número de láminas 24 de membrana, un rango preferido es de 15 a 50 con base en las brechas de separación deseados entre láminas y los límites del moldura de cabezal de plástico. Un haz 26 se puede encapsular en una moldura 28 de cabezal de plástico usando una resina tal como poliuretano de acuerdo con métodos convencionales tales como encapsulado estático fugitivo o encapsulado centrífugo con corte para abrir los extremos del canal. Un método de encapsulado alternativo, como se muestra en las figuras 8, 9 y 10, es usar insertos 31, 32 de plástico para unir las láminas 24 de membrana en un bloque de encapsulado o ladrillo 25 que luego se puede insertar en un asiento en una moldura 28 de cabezal. Opcionalmente, una pluralidad de láminas 24 de membrana pueden colocarse en serie entre dos insertos 31, 32. Por ejemplo, los insertos 31, 32 que tienen aproximadamente 1 m de largo pueden contener 4 láminas 24 de membrana, cada una de las cuales tiene aproximadamente 25 mm de altura. Además, opcionalmente, un divisor 34 poroso puede definir una parte de abajo del asiento. El bloque 25 se encapsula en su lugar vertiendo una resina 36 en el asiento del cabezal sobre el bloque 25. El permeado fluye a través de los canales, sale del bloque 25 a través de los extremos abiertos de los canales, fluye a través del divisor 34, si lo hay, y hacia un receptáculo 37 de permeado en el cabezal 28. El permeado se puede retirar del receptáculo 37 de permeado a través de una espita 25 de permeado.

La figura 11 muestra un módulo 40. El área negra entre los dos cabezales 40 de permeado representa un haz 26 de láminas 24 de membrana separadas por brechas 27 como se muestra con más detalle en la figura 10. Las láminas de membrana pueden estar separadas por una distancia de centro a centro de, por ejemplo, entre 0.5 cm y 5 cm. Opcionalmente, las láminas 24 de membrana pueden estar escalonadas entre sí, con las ondas de una ubicadas frente a los conectores de la otra. La figura 12 muestra una vista de arriba de un casete 42 que tiene varios módulos 40 contenidos dentro de un marco 44. Un cabezal de permeado (no mostrado) está conectado a las espitas 35 de permeado de los módulos 40. El marco 44, los cabezales 28 y los tubos de permeado opcionales, si los hay, están ubicados a los lados del casete 42 para que los fluidos puedan viajar hacia arriba a través de las brechas 27. Los módulos 40 se pueden apilar con la espita 25 de permeado de un módulo 40 enchufando en el receptáculo 37 de permeado de un módulo 40 superior o inferior. En la figura 14, por ejemplo, tres módulos 40 están apilados juntos en una columna vertical. Haciendo referencia a la figura 13, el marco 44 del casete 42 sostiene deslizadores 31 que corresponden en forma y tamaño a los surcos 30 de alineación de los cabezales 28 para ayudar a colocar los módulos 40 en posición en el casete 42.

Otra opción es no utilizar un cabezal de plástico moldeado sino utilizar el bloque como un elemento acabado, posiblemente con una guía de plástico unida a su perímetro, para la inserción directa en una cavidad de permeado de un cabezal o casete. Se hace un sello removible entre el bloque y la cavidad de permeado comprimiendo el bloque dentro de la cavidad de permeado, o mediante un medio de sellado tal como una junta tórica. Las ventajas de este método incluyen menos fibras activas bloqueadas por uretano, menos desechos de fabricación del encapsulado, mayor densidad de empaquetamiento del casete, menor coste de materia prima (plástico del cabezal y uretano), fácil reparación de los canales en el campo mediante la fijación con afilares de los extremos de los canales abiertos después de liberarlos de la cavidad de permeado y costes de módulo de reemplazo reducidos.

Bajo el diseño sin cabezal, los bloques de haces de fibra se insertarán directamente en un casete compuesto por un marco de acero con extremos de plástico moldeado que sirven como cabezales con juntas tóricas dobles y canales de recolección de permeado. Los elementos de 1 metro de altura se pueden apilar en cualquier número para llenar tanques de cualquier tamaño. Los haces se estrecharían al tener una capa cada vez más delgada de termoplástico en el extremo donde hay tensiones mínimas y los canales no penetran para permitir un ajuste más fácil en los cabezales y permitir que los haces se espacien más juntos. El termoplástico sería más grueso cerca de la parte de arriba para permitir que se colocara una barra de restricción en todos los módulos por seguridad. El sistema será regulable en caso de encogimiento.

Proporcionando canales de permeado moldeados dentro de una lámina 20 de permeado, la distribución de la superficie activa dentro del tanque de filtración se puede controlar con precisión. Además, los canales de permeado moldeados con precisión permiten un grosor de pared de membrana de 0.3 mm o menos, o 0.15 mm o menos, que es menor que para una membrana de fibra hueca reforzada. El diámetro exterior de los canales de permeado puede ser de 1 mm o menos, o de 0.5 mm o menos. En un ejemplo calculado, los canales tienen un diámetro exterior de 0.7 mm y un grosor de pared de membrana de 0.15 mm. Los canales de permeado tendrían un diámetro interno de 0.4 mm, que sería suficiente para un flujo de permeado de gran volumen sin una caída de presión significativa para el flujo de permeado a través de los canales de permeado en una lámina de membrana de 1 m de ancho.

5 La lámina de membrana tiene un área de superficie significativamente mayor en relación con una membrana de lámina plana típica, evita los componentes del marco y los espaciadores que son necesarios en los módulos de lámina plana típicos, y la rigidez de las láminas 24 de membrana permite un área más grande (refiriéndose las dimensiones externas de la lámina en lugar de su área de superficie de la membrana) por lámina. Las láminas 24 de membrana pueden ondularse o vibrar cuando se airean, pero hay poca o ninguna abrasión entre las membranas adyacentes como en los sistemas de fibra hueca. Todos los canales de permeado se colocan con precisión dentro de una lámina y las láminas se pueden colocar con precisión entre sí, lo que permite una densidad de empaquetamiento de hasta el 50%. La densidad de empaquetamiento del tanque y del módulo es al menos comparable a los sistemas de fibra hueca.

10 Las láminas orientadas verticalmente, con cabezales a los lados de las láminas, permiten que una rejilla de aireación canalice el aire entre las láminas sin un cabezal de arriba o de abajo que bloquee el flujo. Debido a que el aire se dirige entre cada lámina y se fuerza a viajar hacia arriba, se elimina el problema de las incrustaciones en las zonas muertas dentro de los haces de fibra hueca. Sin embargo, a diferencia de las típicas membranas de láminas planas, tener solo dos cabezales permite cierta vibración de las láminas de la membrana para ayudar a evitar que se formen sedimentos en la superficie de la membrana. Sin embargo, las brechas verticales bien definidas entre las membranas fomentan el flujo de pistón a través de las brechas, lo que reduce la exposición promedio de sólidos y crea trayectos bien definidos para el drenaje de sólidos durante los drenajes de los tanques.

20 Si bien las membranas de fibra hueca se limitan a polímeros que se pueden extruir con la flexibilidad, la resistencia y las propiedades de fundición adecuadas, la fundición de láminas planas permite utilizar polímeros más rígidos y resistentes al pH, tal como la polisulfona, sin sufrir las desventajas debidas a la rigidez de la polisulfona. Las láminas de permeado también se pueden recubrir con materiales compuestos de película delgada, tales como materiales de membrana NF, lo que permite un filtro NF inmerso y un biorreactor. Los nuevos materiales de membranas nanoestructuradas, por ejemplo, que utilizan nanotubos de carbono, acuaporinas, grabado enmascarado u otros procesos novedosos, también pueden ser adecuados para formarse en una lámina de permeado.

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo (24) apto para operación inmersa que comprende,  
 dos láminas de un material (7) de sustrato, teniendo las láminas de material de sustrato una pluralidad de depresiones (6) que se extienden hasta al menos un borde de las láminas de material de sustrato,
- 5 por lo que la pluralidad de depresiones (6) forman una pluralidad de canales internos entre las dos láminas de material de sustrato, estando abiertos los canales internos hacia al menos uno de los bordes exteriores,  
 un material (23) de membrana de filtración recubierto previamente en las superficies exteriores de cada una de las dos láminas de material (7) de sustrato antes de que se unan entre sí o recubrir las superficies exteriores de las dos láminas de material (7) de sustrato después de unir las entre sí,
- 10 en donde las dos láminas de material (7) de sustrato se unen entre sí a lo largo de una o más líneas entre los canales internos, así como a lo largo de los bordes exteriores paralelos a las depresiones (6)  
 en donde las dos láminas de material de sustrato son:
  - a) unidas entre sí entre uno o más canales internos a través de un inserto en forma de lámina entre toda el área de las dos láminas de material de sustrato; o
  - 15 b) unidas entre sí entre: (i) los bordes exteriores paralelos a las depresiones a través de al menos un inserto rígido hecho de un material muy delgado y de alta resistencia a la tracción; y/o (ii) la una o más líneas entre los canales internos a través de al menos un inserto rígido hecho de un material muy delgado de alta resistencia a la tracción.
2. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde el material de la membrana de filtración tiene un tamaño de poro en el rango de microfiltración o menor.
- 20 3. El dispositivo de la reivindicación 1 o 2, en donde las depresiones son características generalmente independientes y permanentes de la lámina de material de sustrato.
4. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el material del sustrato es una tela no tejida.
5. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde uno o más canales internos son generalmente semicilíndricos y tienen un diámetro interior de entre 0.1 mm y 50 mm.
- 25 6. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde las dos láminas de un material de sustrato están unidas entre sí mediante un termoplástico o una resina (19), tal como un sistema adhesivo de metacrilato de metilo, una resina epoxi o un adhesivo termofusible de poliuretano, o mediante soldadura tal como la soldadura láser.
7. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde las láminas de material de sustrato que tienen una pluralidad de depresiones tienen un grosor de entre 0.05 y 0.1 mm.
- 30 8. Un módulo de filtración que comprende un haz (26) del dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde los bordes del dispositivo que están abiertos a uno o más canales internos se encapsulan en un cabezal.
9. Un módulo de filtración de acuerdo con la reivindicación 8, en donde los dispositivos adyacentes en el haz están separados por un espaciador, por un material de encapsulado o por ambos.
10. El módulo de filtración de la reivindicación 8, en donde los dispositivos adyacentes en el haz están separados por espaciadores prefabricados con superficies correspondientes a la forma de una brecha entre dispositivos adyacentes, preferiblemente en donde los extremos de los dispositivos en el haz y los espaciadores están preformados en un bloque antes de ponerse en comunicación con el cabezal.
11. El módulo de filtración de la reivindicación 9, en donde los canales internos son generalmente paralelos entre sí y generalmente perpendiculares al cabezal y en donde el cabezal está montado en un marco de casete adaptado para sostener el dispositivo de filtración en un tanque con el cabezal orientado verticalmente, los canales internos orientados horizontalmente y con brechas orientadas verticalmente entre dispositivos adyacentes.
12. Un proceso para fabricar un dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-6 que comprende los pasos de,
  - A) proporcionar dos láminas de un material de sustrato, teniendo al menos una de las láminas de material de sustrato una pluralidad de depresiones (6) que se extienden hasta un borde de al menos una de las láminas de material de sustrato, las depresiones formadas por un proceso que comprende pasos de,
    - a) insertar una pieza de un material de sustrato en una cavidad (9),
- 45

## ES 2 940 820 T3

- b) calentar la pieza de sustrato a una temperatura por encima de su temperatura de deflexión térmica y enfriar la pieza de material de sustrato por debajo de su temperatura de deflexión térmica mientras se presiona la pieza de material de sustrato contra una superficie interior de la cavidad para dar forma a la pieza de material de sustrato; y,
- 5 c) retirar el material de sustrato de la cavidad, en donde el material de sustrato retirado tiene una forma correspondiente a la cavidad;
- B) después del paso A, unir las dos láminas de material de sustrato para proporcionar una estructura que tenga uno o más canales internos abiertos al menos a un borde de la estructura, ocurriendo la unión a lo largo de una o más líneas entre los canales internos así como a lo largo bordes exteriores paralelos a la depresión (6); y,
- 10 C) antes o después del paso B, recubrir con un material de membrana la al menos una de las láminas de material de sustrato pasando la lámina en una dirección generalmente hacia abajo a través de un troquel de recubrimiento que tiene una forma que coincide con la de una superficie exterior de la lámina.

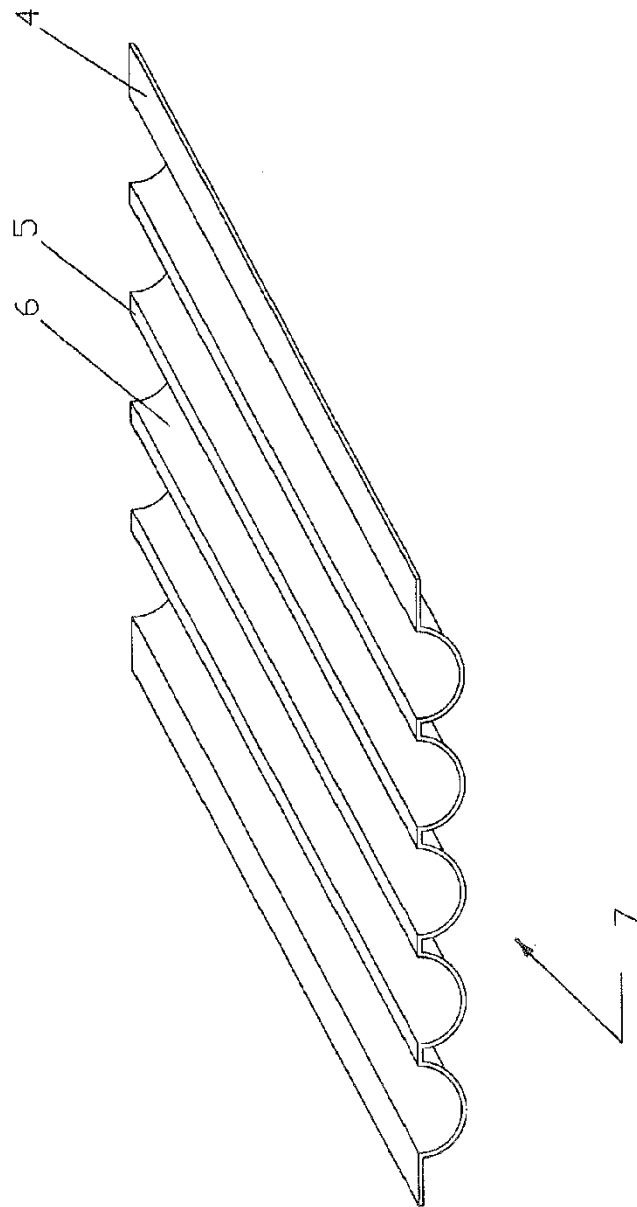


Fig. 1

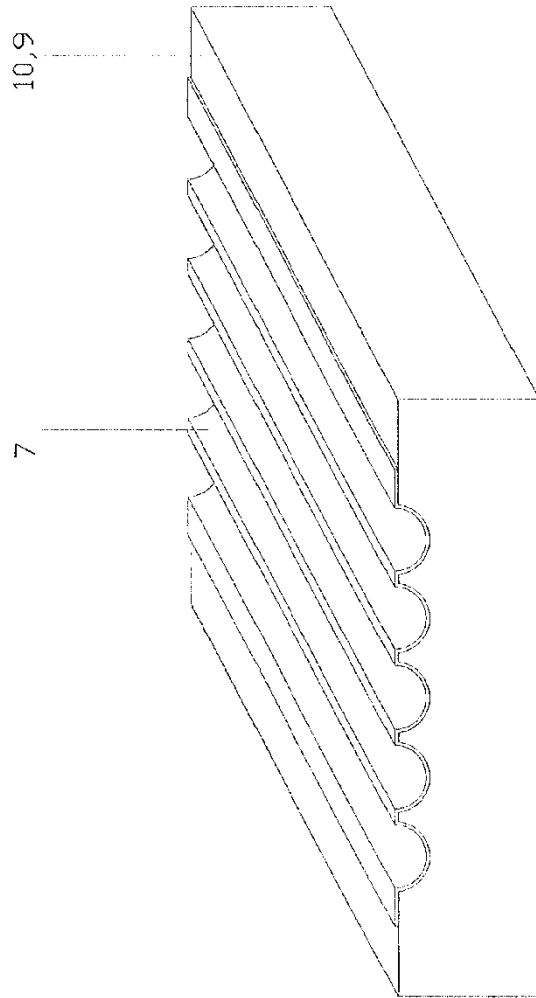


FIG. 2

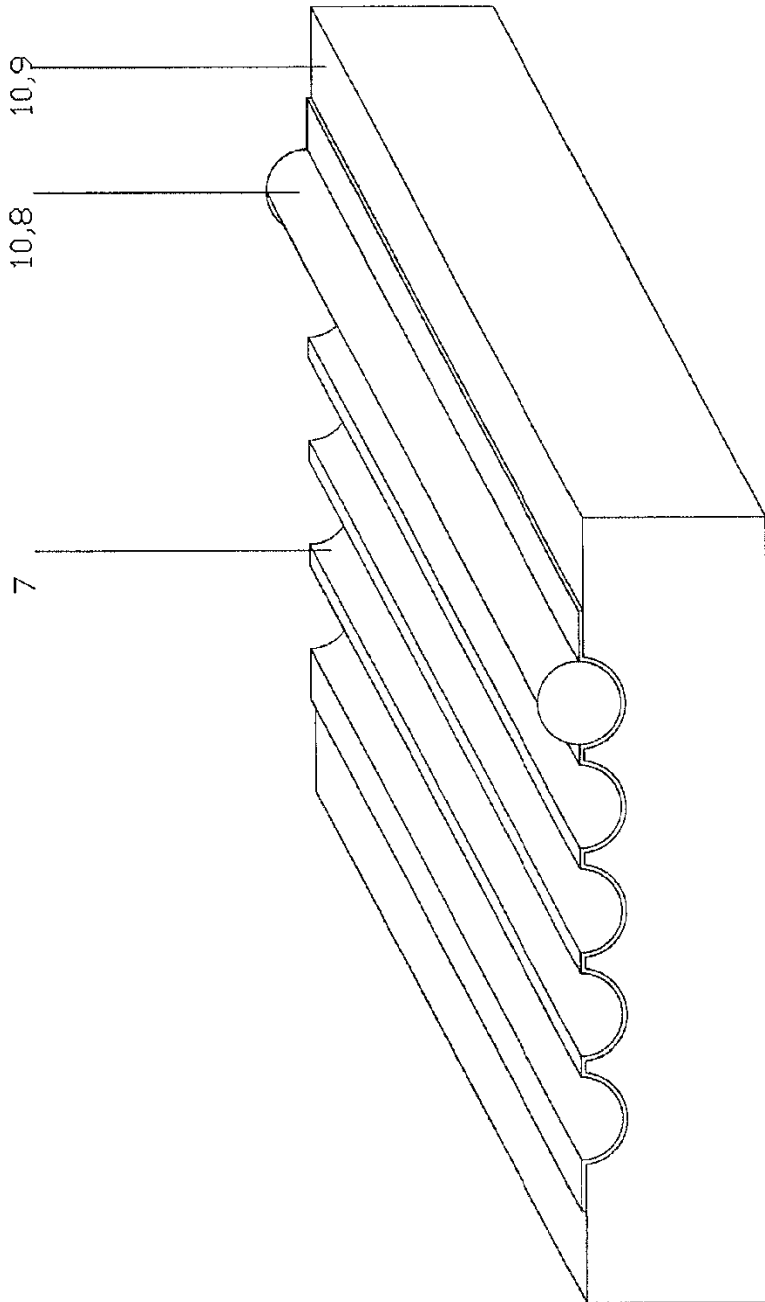


Fig. 3

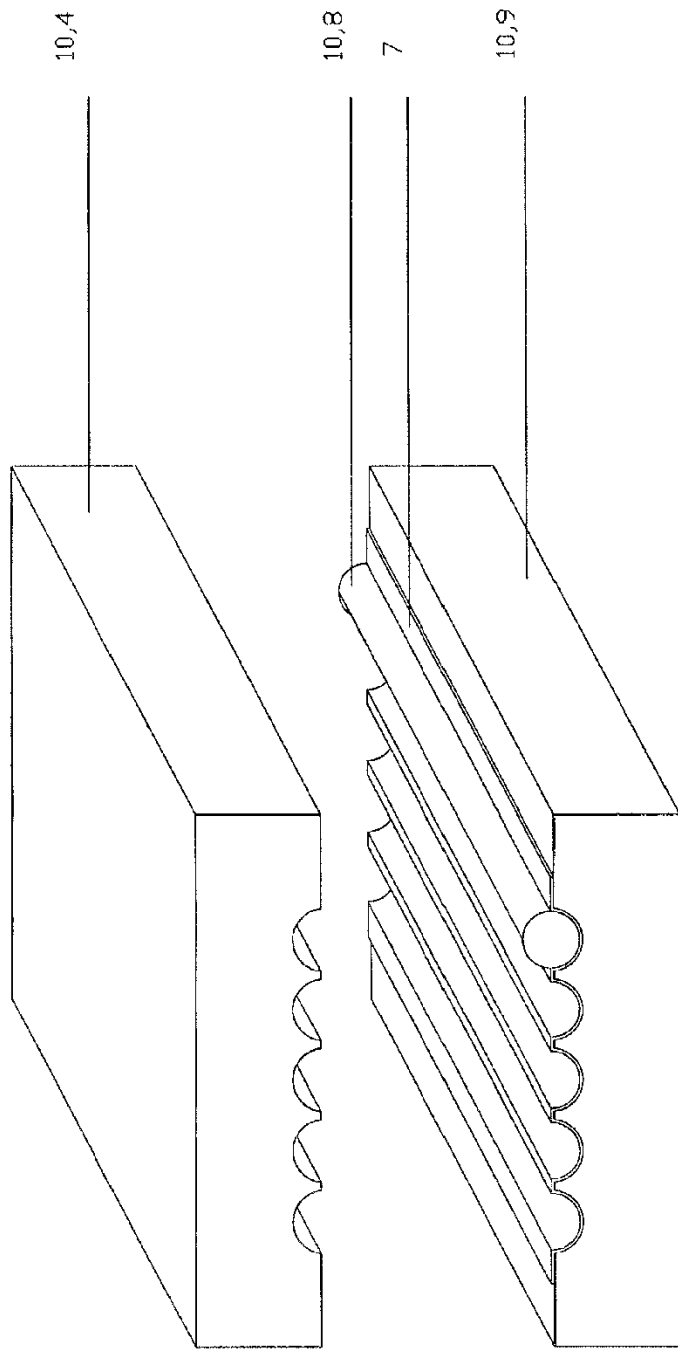


Fig.4

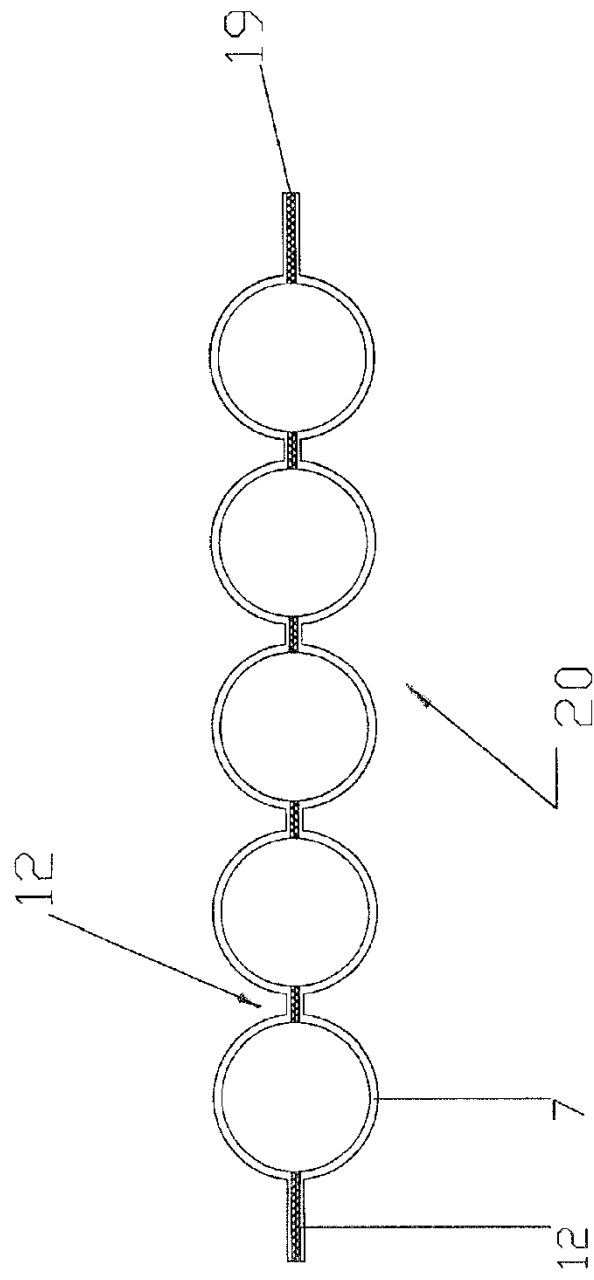


Fig. 5

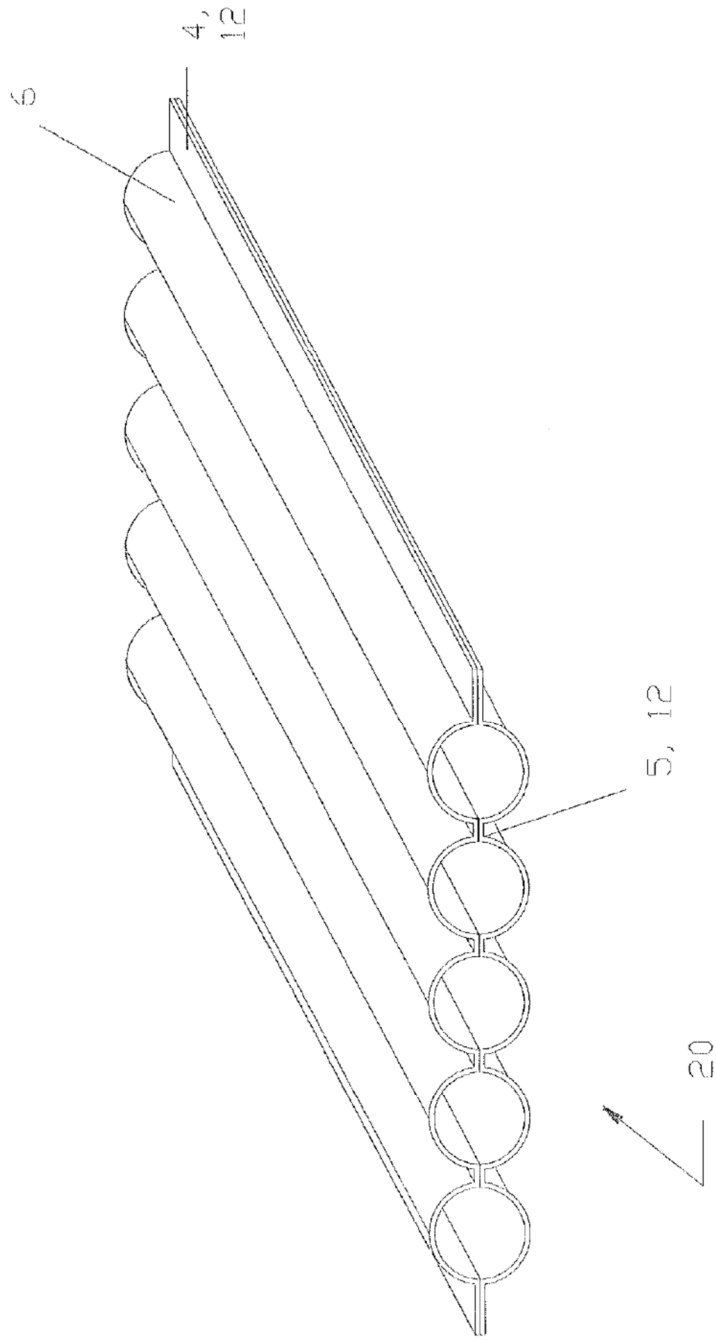


Fig.6

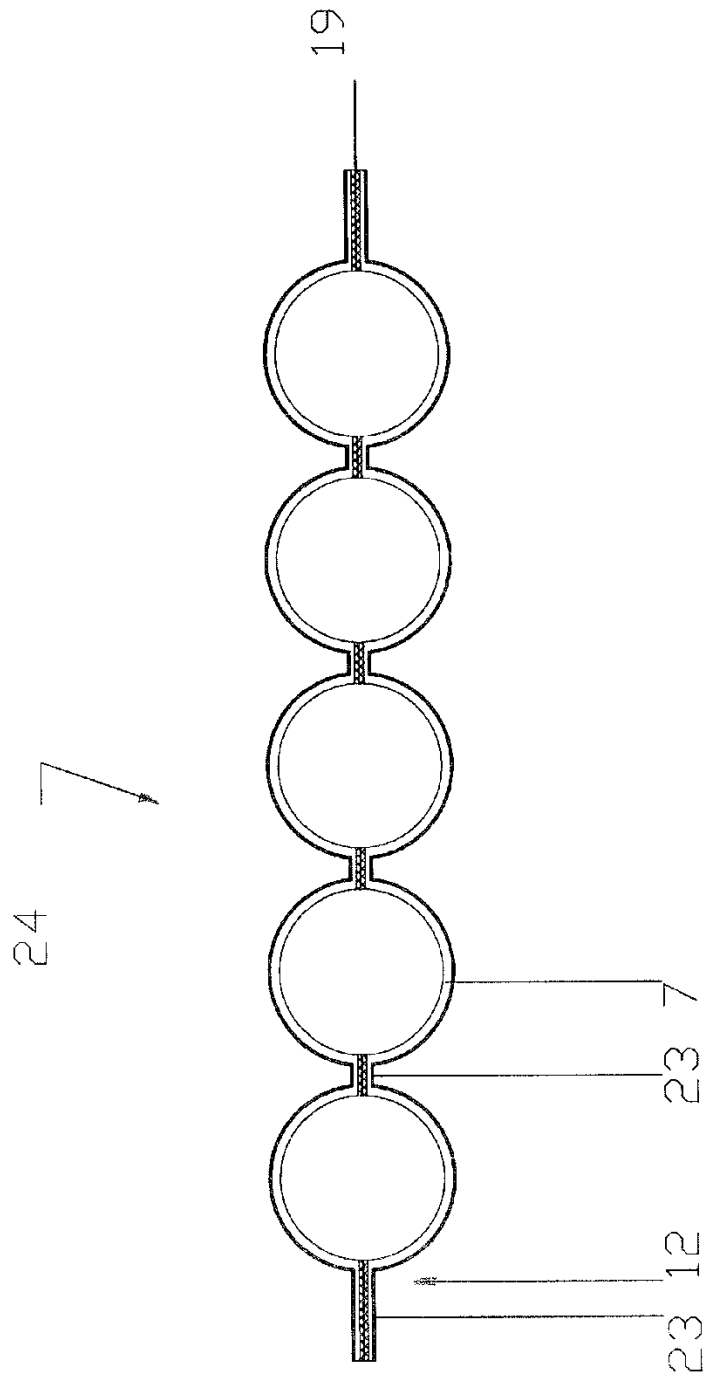


Fig.7

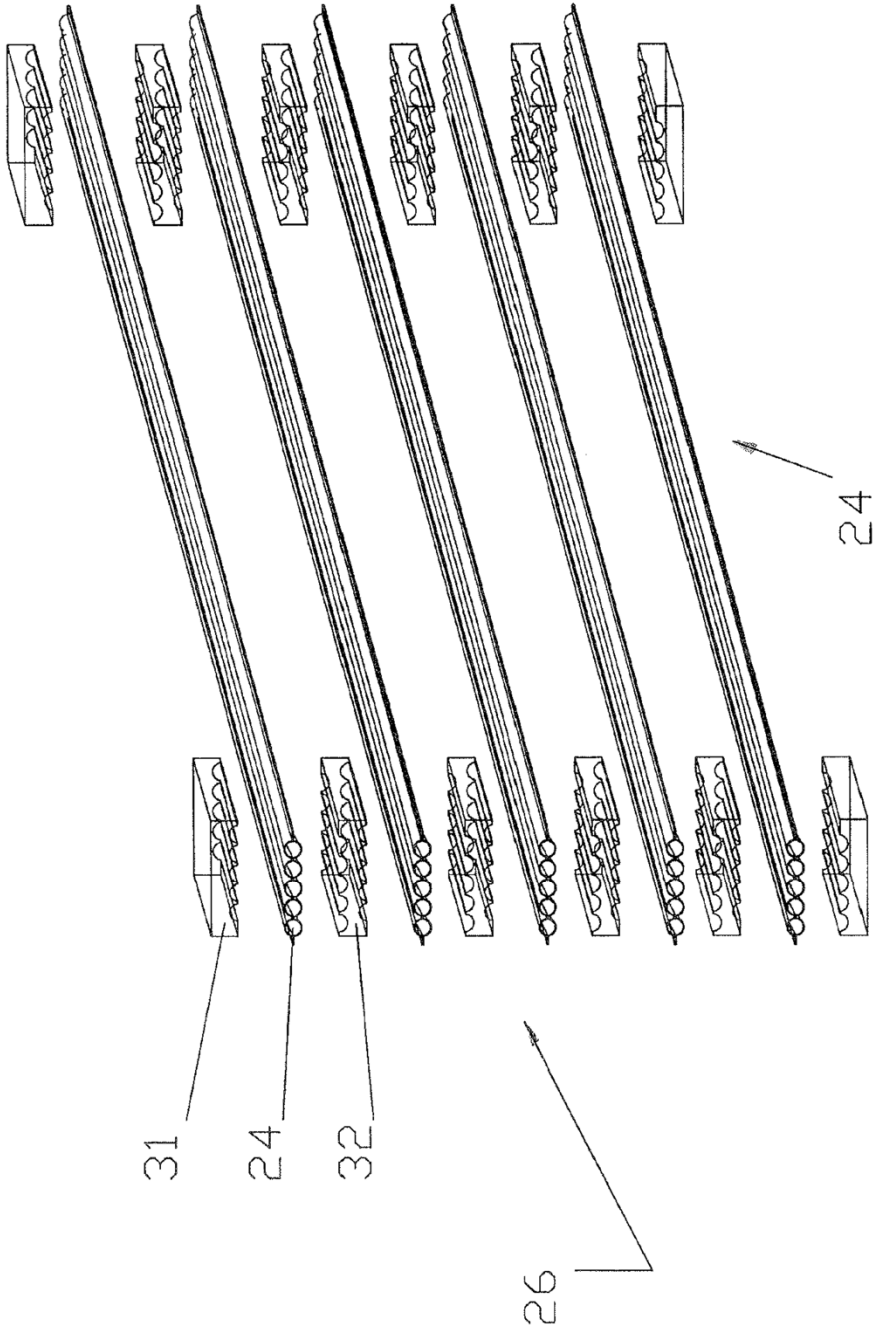


FIGURA 8

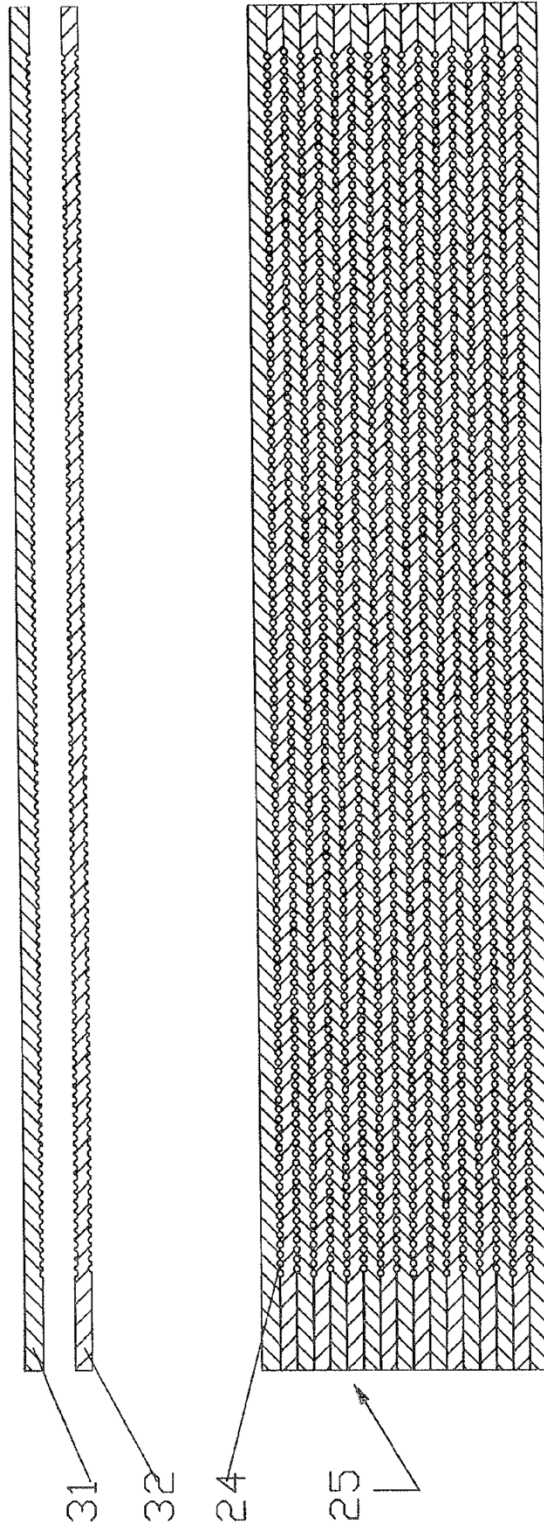


FIGURA 9

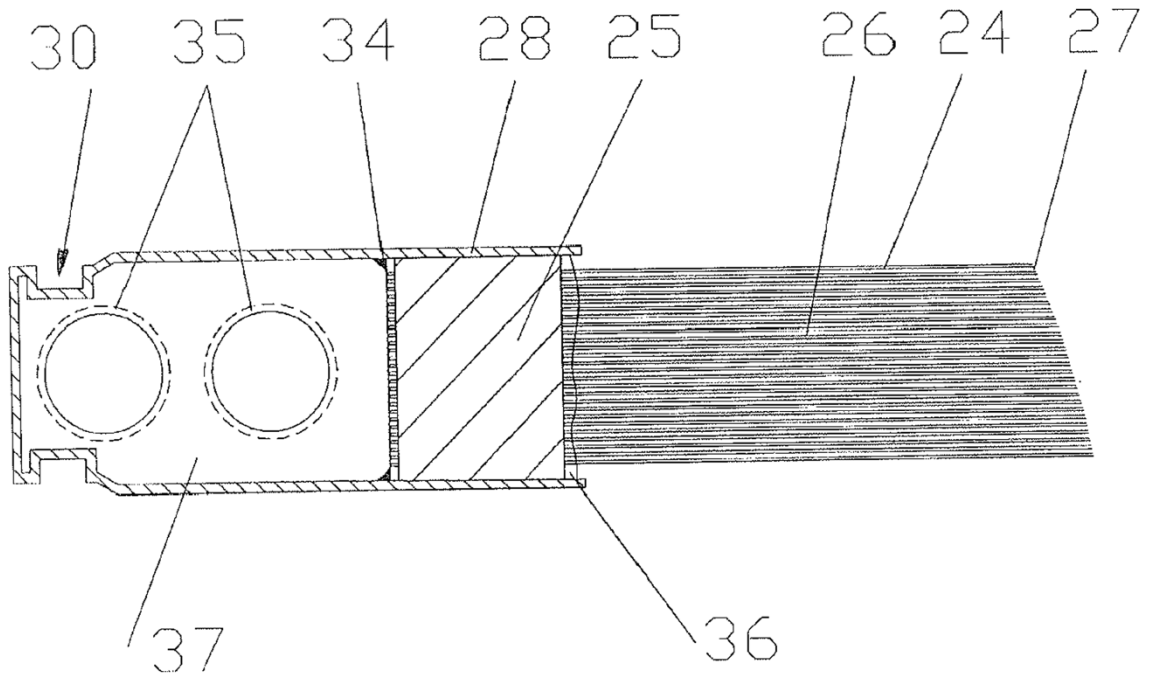
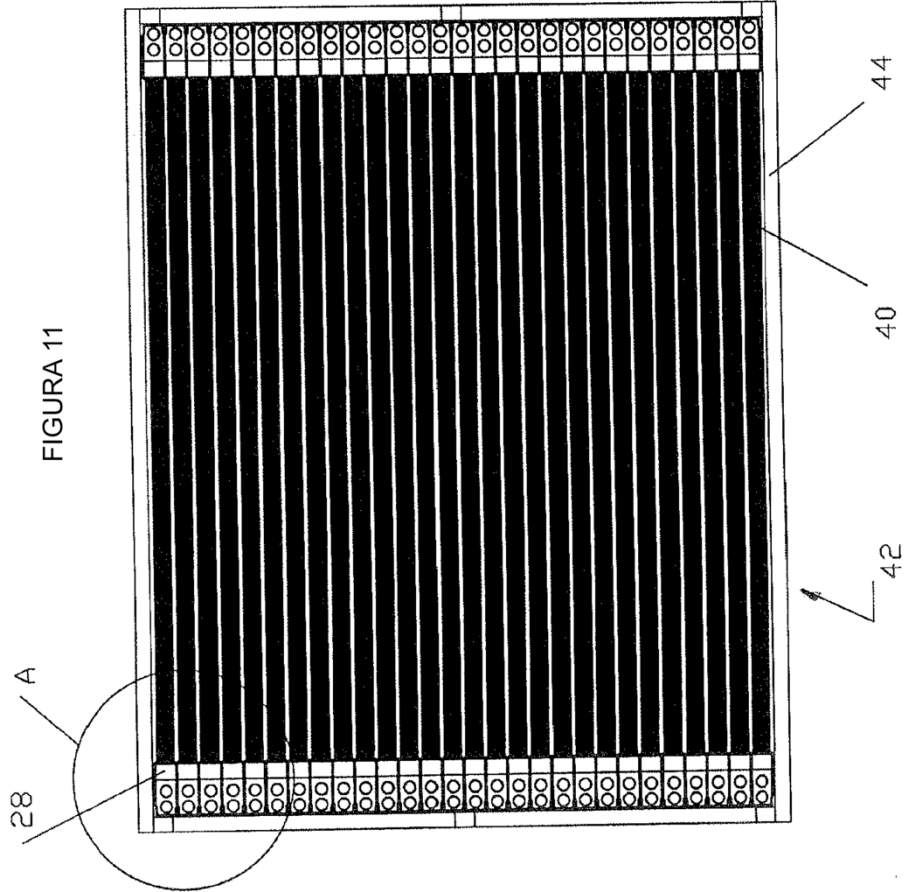


FIGURA 10



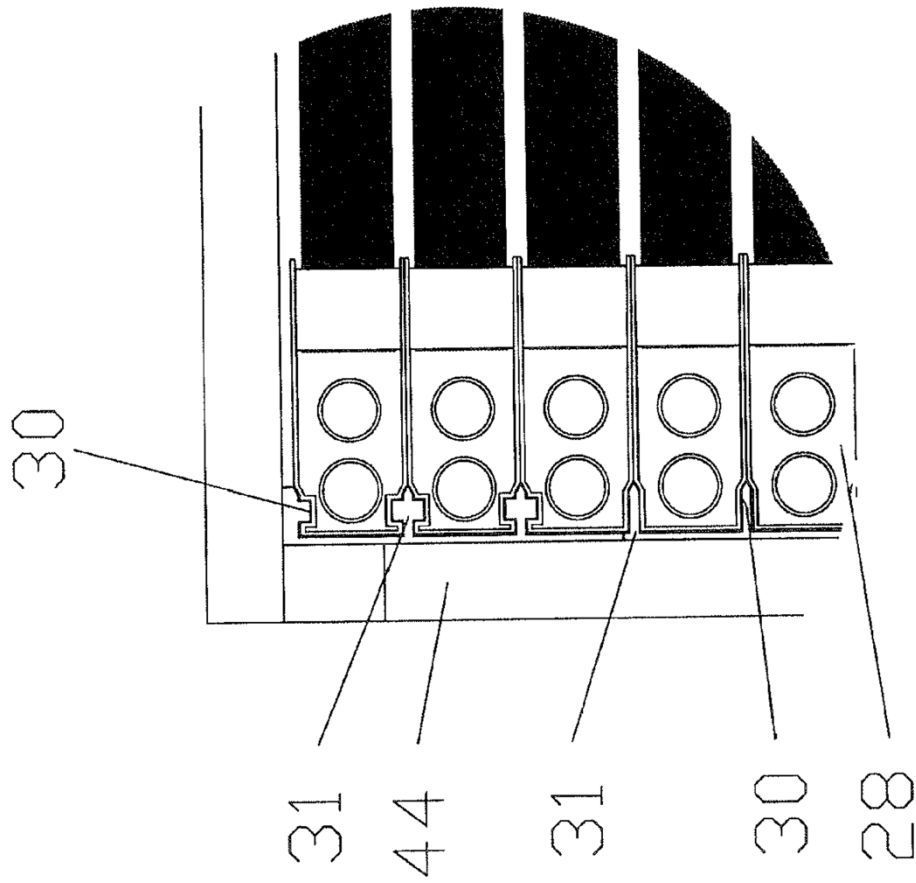


FIGURA 13

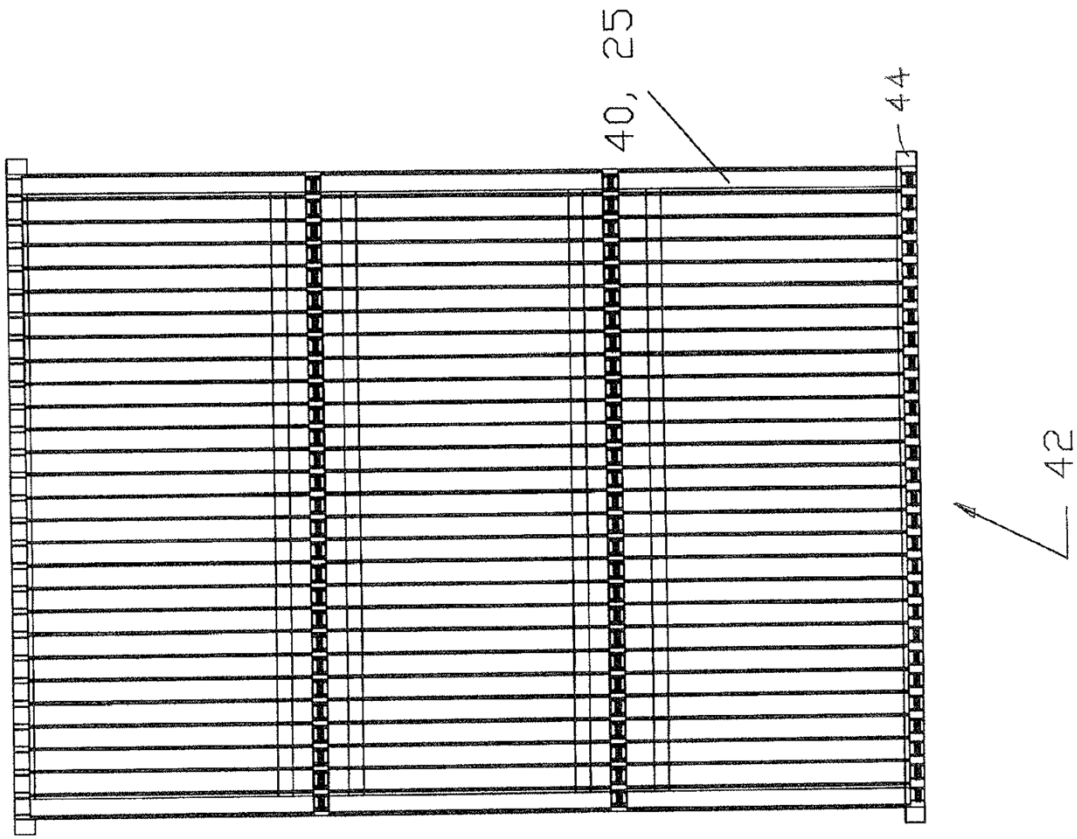


FIGURA 14

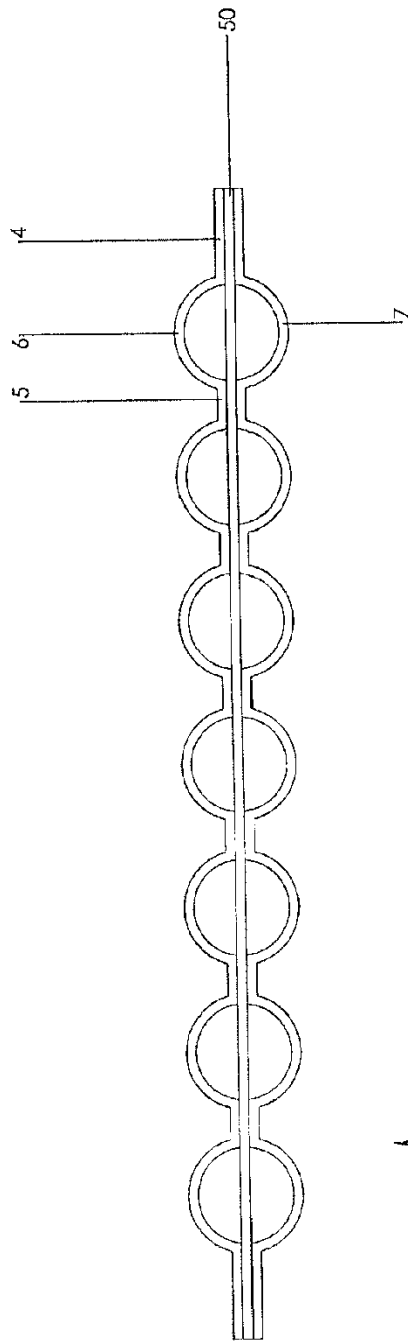


Fig. 15

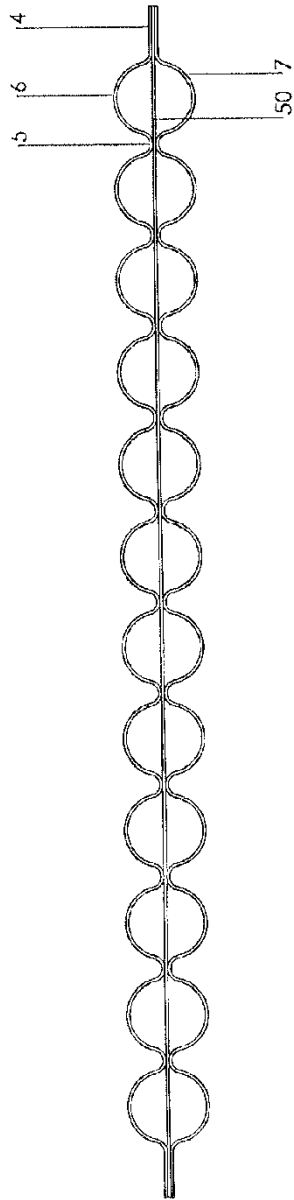


Fig.16