

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 674 071**

51 Int. Cl.:

**B01D 63/10** (2006.01)

**B01D 61/02** (2006.01)

**B29C 47/00** (2006.01)

**B29C 67/00** (2007.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.06.2013 PCT/US2013/046101**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.01.2014 WO14004142**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.06.2013 E 13810474 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.03.2018 EP 2864026**

54 Título: **Filtración por membrana que usa un espaciador de alimentos de baja energía**

30 Prioridad:

**26.06.2012 US 201261690419 P**

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

**27.06.2018**

73 Titular/es:

**CONWED PLASTICS LLC (100.0%)  
2810 Weeks Avenue Se  
Minneapolis, MN 55414, US**

72 Inventor/es:

**KIDWELL, ALEXANDER JAMES**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

ES 2 674 071 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

Filtración por membrana que usa un espaciador de alimentos de baja energía

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a una red extruida para su uso en una filtración por membrana, tal como sistemas de ósmosis inversa.

10 **Antecedentes**

La filtración por membrana es un proceso usado para separar un alimento líquido, o entrada, en una corriente de producto y una corriente de concentrado. Habitualmente, la corriente de alimento es agua que necesita filtrarse o desalinizarse de manera que pueda usarse para beber y en aplicaciones agrícolas e industriales. En la filtración por membrana, una membrana actúa como una barrera para permitir que ciertos compuestos pasen y se rechacen otros. Un tipo de filtración por membrana es la filtración por ósmosis inversa (RO), que es un proceso accionado por presión. Durante la ósmosis, el agua se difundirá desde un área de alta concentración de soluto a un área de baja concentración debido a la presión osmótica hasta que se alcance un equilibrio osmótico. La ósmosis inversa es un proceso en el que se aplica presión a un volumen de alta concentración de soluto con el fin de superar la presión osmótica y forzar al agua en la alta concentración de soluto a difundirse a través de la membrana a un bajo volumen de soluto, dejando de este modo atrás el soluto. Las membranas usadas en la filtración por RO son muy selectivas y no dejan pasar casi ningún soluto.

Un tipo de sistema de filtración por RO se conoce como un sistema de elemento enrollado en espiral. En este sistema, una o más envolturas de membrana se enrollan alrededor de un tubo de recogida alargado. Cada envoltura de membrana comprende dos superficies exteriores de membrana y una lámina de permeado entre las mismas que se comunica con agujeros en la pared lateral del tubo de recogida. Un espaciador de alimentos está dispuesto en un lado de cada envoltura de membrana, de tal manera que cuando la envoltura de membrana se enrolla alrededor del tubo de recogida, se forma una configuración en espiral con capas alternas de envoltura de membrana y espaciador de alimentos. El tubo de recogida, la o las envolturas de membrana y el o los espaciadores de alimentos se combinan para formar un elemento enrollado en espiral. Habitualmente, se combinan múltiples elementos en serie y en paralelo para procesar mayores volúmenes de líquido alimentario.

Durante el uso, el elemento enrollado en espiral se coloca en un recipiente a presión y el agua que contiene una alta concentración de soluto (conocida como agua de alimentación) se bombea, bajo presión, en un extremo del recipiente a presión. El agua de alimentación entra en la membrana enrollada en espiral a través de los canales entre las envolturas de membrana creadas por los espaciadores de alimentos y se desplaza paralela al eje del tubo de recogida. Una parte del agua de alimentación se difunde a través de la membrana y hacia la lámina de permeado debido a la alta presión del agua de alimentación que supera la presión osmótica. La lámina de permeado guía el agua en una dirección en espiral hasta que alcanza el tubo de recogida y, posteriormente, se desplaza axialmente hasta el extremo del elemento enrollado en espiral. El agua de alimentación que no se difunde a través de la membrana continúa desplazándose en la dirección axial y, habitualmente, se transfiere a otro elemento enrollado en espiral conectado en serie con el primer elemento enrollado en espiral.

Un elemento de filtración enrollado en espiral conocido se desvela, por ejemplo, en el documento JP 2000 237554 A. Una red conocida se desvela, por ejemplo, en el documento US 2010/096316 A1.

**Sumario**

Un elemento de filtro enrollado en espiral de acuerdo con la presente invención se reivindica en la reivindicación independiente 1. En al menos una realización, se proporciona un elemento de filtración enrollado en espiral que comprende un tubo de recogida central que tiene al menos un agujero definido en el mismo, al menos una envoltura de membrana unida al tubo de recogida central y que tiene dos láminas de membrana separadas por un espaciador, estando la al menos una envoltura de membrana configurada para enrollarse alrededor del tubo de recogida central para formar una espiral, y estando al menos un espaciador de alimentos configurado para disponerse adyacente a al menos una lámina de membrana cuando se enrolla alrededor del tubo de recogida central y para crear un canal para recibir el líquido a filtrar. El espaciador de alimentos puede comprender una red que incluye un primer conjunto de hebras paralelas que se extiende en una primera dirección y que incluye una pluralidad de primeras hebras que tienen un primer espesor y una pluralidad de segundas hebras que tienen un segundo espesor que es menor que el primer espesor, y un segundo conjunto de hebras paralelas que se extiende en una segunda dirección que es transversal a la primera dirección. El primer conjunto de hebras y el segundo conjunto de hebras siempre pueden localizarse en el mismo lado uno con respecto a otro.

En al menos una realización, se proporciona una red extruida que comprende un primer conjunto de hebras paralelas que se extiende en una primera dirección y que incluye una pluralidad de primeras hebras que tienen un primer espesor y una pluralidad de segundas hebras que tienen un segundo espesor que es menor que el primer

espesor, y un segundo conjunto de hebras paralelas que se extiende en una segunda dirección que es transversal a la primera dirección y que incluye una pluralidad de terceras hebras que tienen un tercer espesor y una pluralidad de cuartas hebras que tienen un cuarto espesor que es menor que el tercer espesor. El primer conjunto de hebras y el segundo conjunto de hebras siempre pueden localizarse en el mismo lado uno con respecto a otro y el primer conjunto de hebras paralelas puede comprender unas hebras primeras y segundas alternas y el segundo conjunto de hebras paralelas puede comprender unas hebras terceras y cuartas alternas.

En al menos una realización, se proporciona un elemento de filtración enrollado en espiral que comprende un tubo de recogida central que tiene al menos un agujero definido en el mismo, al menos una envoltura de membrana unida al tubo de recogida central y que tiene dos láminas de membrana separadas por un espaciador, estando la al menos una envoltura de membrana configurada para enrollarse alrededor del tubo de recogida central para formar una espiral, y estando al menos un espaciador de alimentos dispuesto adyacente a al menos una lámina de membrana cuando se enrolla alrededor del tubo de recogida central y para crear un canal para recibir el líquido a filtrar. El espaciador de alimentos puede comprender una red que incluye un primer conjunto de hebras paralelas que se extiende en una primera dirección y que incluye una pluralidad de primeras hebras que tienen un primer espesor y una pluralidad de segundas hebras que tienen un segundo espesor que es menor que el primer espesor, y un segundo conjunto de hebras paralelas que se extiende en una segunda dirección que es transversal a la primera dirección y que incluye una pluralidad de terceras hebras que tienen un tercer espesor y una pluralidad de cuartas hebras que tienen un cuarto espesor que es menor que el tercer espesor. El primer conjunto de hebras y el segundo conjunto de hebras siempre pueden localizarse en el mismo lado uno con respecto a otro.

### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista transversal de un elemento enrollado en espiral de ósmosis inversa de acuerdo con al menos una realización;

la figura 2 es una vista en perspectiva de una red de acuerdo con al menos una realización;

la figura 3 es una vista desde arriba de una red de acuerdo con al menos una realización;

la figura 4 es una sección transversal de una red entre láminas de membrana adyacentes de acuerdo con al menos una realización;

la figura 5 es una sección transversal de una red de la técnica anterior entre láminas de membrana adyacentes; y

la figura 6 es una fotografía de una sección transversal de una red entre láminas de membrana adyacentes de acuerdo con al menos una realización.

### Descripción detallada

Como se requiere, en el presente documento se desvelan las realizaciones detalladas de la presente invención; sin embargo, debe entenderse que las realizaciones desveladas son meros ejemplos de la invención que pueden realizarse en formas diversas y alternativas. Las figuras no son necesariamente a escala; algunas características pueden exagerarse o minimizarse para mostrar detalles de componentes específicos. Por lo tanto, los detalles estructurales y funcionales específicos desvelados en el presente documento no deben interpretarse como limitantes, sino simplemente como una base representativa para enseñar a los expertos en la materia a emplear de diversas maneras la presente invención.

Además, a menos que se indique expresamente lo contrario: por ciento, “partes de”, y valores de relación son en peso; el término “polímero” incluye “oligómero”, “copolímero”, “terpolímero”, y similares; la descripción de un grupo o clase de materiales como adecuada o preferida para un fin dado en relación con la invención implica que las mezclas de dos o más miembros cualquiera del grupo o clase son igualmente adecuadas o preferidas; la descripción de los constituyentes en términos químicos hace referencia a los constituyentes en el momento de la adición a cualquier combinación especificada en la descripción, y no excluye necesariamente las interacciones químicas entre los constituyentes de una mezcla una vez mezclados; y la primera definición de un acrónimo u otra abreviatura se aplica a todos los usos posteriores en el presente documento de la misma abreviatura y se aplica mutatis mutandis a las variaciones gramaticales normales de la abreviatura definida inicialmente.

Con referencia a la figura 1, se muestra un elemento enrollado en espiral de sistema de ósmosis inversa (RO) 1. Aunque se ilustra un sistema de RO, la misma configuración general puede aplicarse a los sistemas de filtración por membrana en general. El elemento enrollado en espiral (el elemento) 1 está configurado habitualmente para colocarse en un recipiente a presión 2 (no mostrado). El elemento 1 comprende al menos una envoltura de membrana 4, que incluye dos láminas de membrana 6 que encapsulan un espaciador, en general una lámina de permeado 8. La lámina de permeado 8 está unida a lo largo de un lado a un tubo de recogida 10 que tiene unos agujeros 12 espaciados en una dirección axial. Se proporciona un espaciador de alimentos 14 entre cada envoltura de membrana 4, de tal manera que al menos una lámina de membrana 6 en cada envoltura de membrana 4 está en

contacto con un espaciador de alimentos 14. El elemento enrollado en espiral 1 se forma cuando la o las envolturas de membrana 4 y el o los espaciadores de alimentos 14 se enrollan en una espiral con el tubo de recogida 10 en el centro axial. Los espaciadores de alimentos 14 crean unos canales 16 entre las láminas de membrana adyacentes 6, permitiendo que el líquido alimentario pase a lo largo de la superficie de las láminas de membrana 6.

5 Cuando el elemento 1 se coloca en un recipiente a presión, el líquido alimentario se suministra a presión en un extremo de entrada de líquido alimentario 18 y el líquido entra en los canales 16 formados por el espaciador de alimentos 14. El líquido alimentario se desplaza en una dirección axial paralela al tubo de recogida 10. A medida que se desplaza por la superficie de las láminas de membrana 6, parte del líquido se difunde a presión a través de las láminas de membrana 6 y hacia la lámina de permeado 8. Este líquido, que contiene poco o nada de soluto en comparación con el líquido alimentario, se desplaza a continuación en una trayectoria en espiral a través de la lámina de permeado 8 y a través de los agujeros 12 en el tubo de recogida 10. El líquido que se desplaza a través del tubo de recogida 10 se denomina, en general, permeado o producto líquido. El líquido alimentario que no se difunde a través de las láminas de membrana 6 continúa desplazándose en la dirección axial hasta alcanzar un extremo de salida 20 del elemento 1. En el extremo de salida 20 del elemento 1, el producto líquido se retira y el líquido alimentario restante se transfiere, en general, a otro elemento enrollado en espiral 1 para repetir el proceso para aumentar el rendimiento del producto líquido.

20 Existen varios desafíos con la filtración por membrana en general, y, en particular, para la filtración por RO. Un desafío es la caída de presión a lo largo de la longitud longitudinal del elemento enrollado en espiral y de un elemento de filtración al siguiente cuando está conectado en serie. El espaciador de alimentos es una fuente importante de la caída de presión porque resiste el flujo del líquido alimentario a través del elemento enrollado en espiral. Como resultado, la presión de alimentación debe aumentarse en el sistema de filtración por RO, lo que aumenta los costes de funcionamiento y mantenimiento. Un segundo desafío es el ensuciamiento, específicamente el bioensuciamiento. El ensuciamiento se produce cuando se acumulan o crecen depósitos en las membranas, lo que puede requerir el aumento de la presión de alimentación y puede dañar o reducir la vida útil de las membranas. El bioensuciamiento se produce cuando los depósitos son de naturaleza biológica, tales como bacterias, hongos, protozoos y otros. Estos microorganismos pueden depositarse y/o crecer en la membrana, reduciendo la eficiencia y requiriendo limpieza. Un tercer desafío es la polarización de concentración, en la que hay un aumento de la concentración de sal en o cerca de la superficie de membrana. Esto aumenta la presión osmótica en la superficie de la membrana y puede conducir a una menor transmisión de líquido y una mayor transmisión de soluto. El espaciador de alimentos desempeña un papel al abordar y/o mitigar estos problemas.

35 Con referencia a las figuras 2-4, la presente divulgación proporciona un espaciador de alimentos 14 que proporciona un rendimiento de filtración por RO relativamente alto a la vez que aborda problemas tales como la caída de presión, el bioensuciamiento, y la polarización de concentración. En al menos una realización, el espaciador de alimentos 14 de la presente divulgación se forma como una red extruida 30 que comprende un primer conjunto de hebras 32 y un segundo conjunto de hebras 34. En al menos una realización, las hebras del primer conjunto de hebras 32 están dispuestas paralelas entre sí y se extienden en una primera dirección y las hebras del segundo conjunto de hebras 40 34 están dispuestas paralelas entre sí y se extienden en una segunda dirección, en general transversal a la primera dirección. En al menos una realización, la primera dirección y la segunda dirección son sustancialmente perpendiculares, de tal manera que las primeras hebras 32 y las segundas hebras 34 se intersecan en ángulos rectos (90°).

45 Sin embargo, debe entenderse que las primeras hebras 32 y las segundas hebras 34 pueden intersecarse en ángulos distintos a 90°. En una realización, las primeras hebras 32 y las segundas hebras 34 se intersecan en ángulos de 60 a 120 grados en una dirección paralela a un eje longitudinal del elemento. En otra realización, las primeras hebras 32 y las segundas hebras 34 se intersecan en ángulos de 65 a 110 grados en una dirección paralela a un eje longitudinal del elemento. En otra realización, las primeras hebras 32 y las segundas hebras 34 se intersecan en ángulos de 70 a 100 grados en una dirección paralela a un eje longitudinal del elemento. En otra realización, las primeras hebras 32 y las segundas hebras 34 se intersecan en ángulos de 75 a 90 grados en una dirección paralela a un eje longitudinal del elemento.

55 En al menos una realización, las hebras 32 y 34 son miembros alargados poliméricos extruidos que se cruzan y se intersecan durante o poco después de su salida del troquel o los troqueles de extrusión para formar la estructura en forma de red. En esta realización, las hebras 32 y 34 permanecen en el mismo lado una con respecto a otra a través de la red 30. Sin embargo, las hebras 32 y 34 también podrían estar formadas por hebras extruidas que se tricotan o se tejen juntas en lugar de cruzarse durante la extrusión. Las hebras 32 y 34 pueden fabricarse de cualquier material adecuado, tal como poliolefinas, poliestirenos, poliésteres, poliamidas, acetales, floropolímeros, poliuretanos y elastómeros. En al menos una realización, las hebras 32 y/o 34 están fabricadas de polipropileno. En otra realización, las hebras 32 y/o 34 están fabricadas de polietileno, tal como polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de alta densidad (HDPE) o polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE). En al menos una realización, las hebras 32 y 34 están fabricadas del mismo material. Sin embargo, en otras realizaciones, se contempla que las hebras 32 puedan fabricarse de materiales diferentes a las hebras 34.

65 Como se muestra a modo de ejemplo en las figuras 2-4, al menos en algunas realizaciones, los dos conjuntos de

hebras 32 y 34 comprenden al menos dos hebras de diferentes tamaños. Cada conjunto de hebras 32 y 34 comprende unas hebras grandes identificadas como A y unas hebras más pequeñas identificadas como B. En consecuencia, el primer conjunto de hebras 32 tiene una pluralidad de primeras hebras con un primer espesor (hebras A) y una pluralidad de segundas hebras con un segundo espesor (hebras B) y el segundo conjunto de hebras 34 tiene una pluralidad de terceras hebras con un tercer espesor (hebras A) y una pluralidad de cuartas hebras con un cuarto espesor (hebras B). Las hebras A y B pueden ser independientemente de cualquier tamaño adecuado siempre que A sea significativamente más grande que B.

Actualmente se cree que un espaciador de alimentos 14 con ambos conjuntos de hebras 32, 34, que tienen hebras A y B alternas, es la configuración más eficaz para los elementos enrollados en espiral por RO debido a que una configuración de este tipo proporciona una disminución en la caída de presión a la vez que sigue manteniendo suficiente densidad de punto de soporte con las láminas de membrana 6 para mantener la integridad de los canales 16. Además, cuando ambos conjuntos de hebras 32, 34 tienen hebras A y B alternas, el flujo a través del espaciador de alimentos 14 es sustancialmente simétrico en los canales 16 y expone cada lámina de membrana 6 a condiciones similares. Sin embargo, en algunas realizaciones, un conjunto de hebras 32 o hebras 34 puede tener hebras con un espesor uniforme, por ejemplo, solo hebras A o solo hebras B, mientras que el otro conjunto de hebras 32 o hebras 34 tiene hebras A y hebras B, como se ha descrito anteriormente. En otras realizaciones más, una o ambas hebras 32 y hebras 34 pueden incluir hebras que tienen un tercer espesor, o unas hebras C que difieren de las hebras A y B.

En una realización, las hebras A tienen un espesor de 0,127 a 1,016 mm (5 a 40 milésimas de pulgada, o mils). En otra realización, las hebras A tienen un espesor de 0,203 a 0,889 mm (8 a 35 mils). En otra realización, las hebras A tienen un espesor de 0,254 a 0,762 mm (10 a 30 mils). En otra realización, las hebras A tienen un espesor de 0,381 a 0,635 mm (15 a 25 mils). En otra realización más, las hebras A tienen un espesor de 0,508 mm (20 mils). En una realización, las hebras B tienen un espesor de 0,076 a 0,889 mm (3 a 35 mils). En otra realización, las hebras B tienen un espesor de 0,076 a 0,635 mm (3 a 25 mils). En otra realización, las hebras B tienen un espesor de 0,076 a 0,508 mm (3 a 20 mils). En otra realización, las hebras B tienen un espesor de 0,127 a 0,381 mm (5 a 15 mils). En otra realización, las hebras B tienen un espesor de 0,178 a 0,305 mm (7 a 12 mils). En otra realización más, las hebras B tienen un espesor de 0,254 mm (10 mils). En al menos una realización, las hebras A y las hebras B en las hebras 32 tienen el mismo espesor que las hebras A y las hebras B en las hebras 34. En otra realización, las hebras A de las hebras 32 y 34 tienen el mismo espesor y las hebras B tienen espesores diferentes. En otra realización, las hebras B de las hebras 32 y 34 tienen el mismo espesor y las hebras A tienen espesores diferentes. En otra realización más, las hebras A y las hebras B de las hebras 32 y 34 tienen espesores diferentes.

En al menos una realización, las hebras 32 y 34 (A y B) tienen una sección transversal circular. Sin embargo, se contempla que pueda utilizarse cualquier forma adecuada. Cuando las hebras tienen una sección transversal circular, el espesor se mide midiendo el diámetro de las hebras 32 y 34. En algunas realizaciones, en las que las hebras 32 y 34 tienen una sección transversal circular, el espesor de las hebras 32 y 34 permanece sustancialmente constante a lo largo de toda su longitud. En otras realizaciones, sin embargo, las hebras 32 y 34 pueden tener partes de espesor reducido que están entre los puntos de intersección 38.

Como puede verse mejor en la figura 4, el espesor de la red 30 no es uniforme, ya que hay tres diferentes tipos de intersecciones de las hebras 32 y 34: A/A, A/B y B/B. A modo de comparación, en la figura 5 se muestra un espaciador de alimentos típico de la técnica anterior que tiene un espesor de hebra uniforme y un espesor total uniforme. Un ejemplo de una red 30 que incluye unas hebras A que tienen un espesor de 0,56 mm (22 mils) y unas hebras B que tienen un espesor de 0,3 mm (12 mils) se muestra en sección transversal entre dos láminas de membrana en la figura 6. Cuando dos hebras A se intersecan, el espesor de la red 30 es máximo y cuando dos hebras B se intersecan, el espesor de la red 30 es mínimo. Tal como se usa en el presente documento, el espesor total de la red 30 hace referencia a las intersecciones 38 de dos hebras A, o al espesor máximo de la red 30. Además, el espesor de la red 30 puede no corresponder siempre al doble del espesor de las hebras A. Como se muestra en la figura 4, las dos hebras pueden fusionarse parcialmente en los puntos de intersección 38, o "hundirse" una con otra. La cantidad de fusión de las hebras 32 y 34 puede variar en función de los parámetros de procesamiento. En una realización, puede ser del 0,1 al 30 %. En otra realización, la cantidad de fusión puede ser del 5 al 20 %. En otra realización, la cantidad de fusión puede ser del 10 al 15 %. Por ejemplo, en la intersección 38 de dos hebras A, teniendo cada una de las mismas un diámetro de 0,508 mm (20 mils), el espesor de la red 30 puede ser de 0,864 mm (34 mils) en lugar de 1,016 mm (40 mils), el doble del espesor de cada hebra. En este ejemplo, habría una fusión del 15 %.

En al menos una realización, la red 30 tiene un espesor total de 0,508 a 2,032 mm (20 a 80 mils), como se mide en los puntos de intersección 38. En otra realización, la red 30 tiene un espesor total de 0,559 a 1,651 mm (22 a 65 mils). En otra realización, la red 30 tiene un espesor total de 0,635 a 1,270 mm (25 a 50 mils). En otra realización, la red 30 tiene un espesor total de 0,711 a 1,143 mm (28 a 45 mils). En otra realización, la red 30 tiene un espesor total de 0,762 a 1,016 mm (30 a 40 mils).

En las realizaciones mostradas en las figuras 2-4, cada una de las hebras 32 y 34 tiene unas hebras A y B alternas,

es decir, la secuencia de hebras es ABAB... Actualmente se cree que una secuencia de hebras alternas es la secuencia más eficaz para los elementos enrollados en espiral por RO 1 porque proporcionan un caudal más consistente y/o constante y proporcionan el equilibrio más eficaz entre la creación de turbulencias y el soporte de los canales 16. Sin embargo, también se contemplan otras secuencias de hebras en las que se repiten múltiples hebras

5 A entre hebras B, o viceversa (por ejemplo, ABBABB o AABAAB). Además, las hebras A y B pueden disponerse en bloques, por ejemplo, AABB o AAABB. En las realizaciones mostradas en las figuras 2-4, las hebras 32 y 34 tienen la misma secuencia de hebras, sin embargo, las hebras 32 y 34 pueden tener diferentes secuencias de hebras, que pueden ser cualquier combinación de las anteriores.

10 Las hebras en los conjuntos de hebras 32 y 34 pueden tener un espaciamiento uniforme entre las mismas, que es el espaciamiento entre hebras. Las hebras 32 y 34 tienen el mismo espaciamiento entre hebras en las realizaciones mostradas en las figuras 2-4, sin embargo, el espaciamiento entre hebras puede ser diferente para cada conjunto de hebras. El espaciamiento entre hebras puede medirse como el número de hebras por pulgada. En al menos una

15 realización, el espaciamiento entre hebras es de 2 a 30 hebras por pulgada. En otra realización, el espaciamiento entre hebras es de 3 a 25 hebras por pulgada. En otra realización, el espaciamiento entre hebras es de 5 a 20 hebras por pulgada. En otra realización, el espaciamiento entre hebras es de 7 a 15 hebras por pulgada. En otra realización más, el espaciamiento entre hebras es de nueve hebras por pulgada. Además, debe entenderse que pueden utilizarse aberturas de diversos tamaños 40 formadas por la intersección de las hebras 32 y 34. Además, aunque los agujeros o aberturas 40 se muestran como cuadrados en los dibujos, debe entenderse que podría

20 utilizarse cualquier forma y tamaño adecuados. Por ejemplo, si las hebras 32 y 34 son perpendiculares y un conjunto de hebras tiene un espaciamiento entre hebras más pequeño que el otro, pueden formarse unas aberturas rectangulares 40. Si las hebras 32 y 34 no son perpendiculares, entonces las aberturas 40 pueden tener la forma de un rombo.

25 El espesor alterno de las hebras 32 y 34, también denominado diseño de hebras alternas, ofrece una mejora sobre los espaciadores de alimentos disponibles en la actualidad en áreas tales como la caída de presión, el bioensuciamiento, los daños de membrana, y la polarización de concentración, entre otros. Las ventajas expuestas a continuación hacen referencia a la filtración de agua salada para obtener agua pura o agua potable, sin embargo, los mismos principios se aplican a la filtración de otros líquidos alimentarios.

30 El diseño de hebras alternas (ASD) conduce a una reducción en la caída de presión en comparación con un espaciador de alimentos convencional que tiene un espesor de hebra uniforme de principio a fin. En una realización, la caída de presión en un elemento de filtración por membrana que tiene un espaciador de alimentos ASD es al menos un 10 % menor que el mismo elemento que tiene un espaciador de alimentos convencional (es decir, un

35 espaciador de alimentos que tiene hebras de espesor uniforme, como se muestra en la figura 5). En otra realización, la caída de presión en un elemento de filtración por membrana que tiene un espaciador de alimentos ASD es al menos un 15 % menor que el mismo elemento que tiene un espaciador de alimentos convencional. En otra realización, la caída de presión en un elemento de filtración por membrana que tiene un espaciador de alimentos ASD es al menos un 20 % menor que el mismo elemento que tiene un espaciador de alimentos convencional. En

40 otra realización, la caída de presión en un elemento de filtración por membrana que tiene un espaciador de alimentos ASD es al menos un 25 % menor que el mismo elemento que tiene un espaciador de alimentos convencional. En otra realización, la caída de presión en un elemento de filtración por membrana que tiene un espaciador de alimentos ASD es al menos un 30 % menor que el mismo elemento que tiene un espaciador de alimentos convencional. En otra realización, la caída de presión en un elemento de filtración por membrana que

45 tiene un espaciador de alimentos ASD es al menos un 35 % menor que el mismo elemento que tiene un espaciador de alimentos convencional.

Sin estar ligado a ninguna teoría específica, se cree que la reducción en la caída de presión se debe, al menos en parte, al área de superficie de hebra reducida de las hebras B (en comparación con los espaciadores de alimentos convencionales con todas las hebras A). El área de superficie de hebra reducida conduce a una reducción en forma de arrastre, lo que ayuda a reducir la resistencia de la red al agua que fluye sobre la misma y a través de la

50 superficie de las láminas de membrana 6. La reducción del área de superficie de hebra de red total en comparación con una red de espaciador de alimentos convencional (es decir, una red con un espesor de hebra uniforme) varía en función del espesor de las hebras A y B. En al menos una realización, el área de superficie de hebra de red total se reduce en al menos un 10 %. En otra realización, el área de superficie de hebra de red total se reduce en al menos un 25 %.

Otro resultado del ASD es una reducción de la velocidad de flujo del agua salada, o cualquier otro líquido, en comparación con los espaciadores de alimentos convencionales a la misma velocidad de alimentación. Una

60 velocidad de flujo reducida se traduce en un esfuerzo cortante reducido en la superficie de membrana y una turbulencia reducida en el agua salada. Puesto que el esfuerzo cortante y las turbulencias son beneficiosos para abordar problemas tales como el bioensuciamiento y la polarización de concentración (expuestos a continuación), es ventajoso aumentar la velocidad de alimentación para devolver la velocidad de flujo, el esfuerzo cortante y las turbulencias a los niveles habituales (es decir, los logrados con un espaciador de alimentos de espesor de hebra

65 habitual y uniforme). Sin embargo, el aumento en la velocidad de alimentación cuando se usa el espaciador de alimentos ASD 14 no aumenta la caída de presión a un nivel más alto que en el elemento enrollado en espiral

habitual. Por el contrario, la caída de presión puede permanecer más baja que en el elemento habitual. Como resultado, un sistema de filtración por RO puede operarse a una velocidad de alimentación más alta que un sistema habitual, pero con la misma o menor caída de presión y el mismo o mejor esfuerzo cortante y turbulencias. Como alternativa, el sistema de filtración puede operarse a la misma velocidad de alimentación que un sistema habitual pero con una caída de presión reducida. Por lo tanto, cualquier método de operación puede dar como resultado un menor consumo de energía.

El bioensuciamiento es la deposición y/o el crecimiento de microorganismos en la superficie de membrana, que puede dar como resultado aumentos en la caída de presión, una difusión reducida de agua a través de la membrana, y un aumento en la cantidad de sal que pasa a través de la membrana. El bioensuciamiento aumenta en áreas donde el espaciador de alimentos entra en contacto con la membrana. El ASD conduce a una reducción en el área de contacto entre el espaciador de alimentos 14 y las láminas de membrana 6 y, por lo tanto, una reducción en el bioensuciamiento, debido a que las hebras B de las hebras 32 y 34 no entran en contacto con las láminas de membrana 6. Las redes habituales 30 tienen un espesor uniforme de principio a fin; por lo tanto, cada punto de intersección 38 entra en contacto con ambas láminas de membrana adyacentes 6. En los elementos 1 que tienen redes 30 con un ASD, la mayoría de los puntos de intersección 38 contactan solo con una o ninguna de las láminas de membrana adyacentes 6. Como se muestra en la figura 4, las intersecciones 38 de las hebras BB no contactan con ninguna de las láminas de membrana adyacentes 6 y las intersecciones 38 de hebras AB contactan solo con una lámina de membrana adyacente 6. Además del área de contacto reducida con las membranas 6, el espaciador de alimentos 14 con ASD da como resultado una velocidad de agua más baja en las áreas donde las hebras son más delgadas. La alta velocidad de agua se asocia con un mayor crecimiento de bioensuciamiento debido a que se llevan más nutrientes a las áreas de alta velocidad de agua. Por lo tanto, la menor velocidad del agua del espaciador de alimentos ASD 14 significa que hay menos nutrientes orgánicos en las áreas de las hebras B, lo que reduce el bioensuciamiento en esas áreas.

Para reducir aún más la formación de bioensuciamiento, las hebras 32 y 34 pueden recubrirse con un recubrimiento de bajo COF o pueden tener un aditivo de bajo COF incluido en su composición. En una realización, el aditivo de bajo COF es UHMWPE (que tiene, en general, un peso molecular de 1 a 6 millones de Da). En otra realización, el aditivo de bajo COF es politetrafluoroetileno (PTFE, también conocido como teflón). El aditivo de bajo COF, si está presente, puede comprender de 0,1 a 10 % en peso del espaciador de alimentos 14. En otra realización, el aditivo de bajo COF puede comprender de 1 a 7,5 % en peso del espaciador de alimentos 14. En otra realización, el aditivo de bajo COF puede comprender aproximadamente el 5 % en peso del espaciador de alimentos 14. El aditivo de bajo COF puede incluir componentes activos e inactivos. En una realización, el aditivo de bajo COF incluye del 0,1 al 75 % en peso de componentes activos. En otra realización, el aditivo de bajo COF incluye del 1 a 50 % en peso de componentes activos. En otra realización, el aditivo de bajo COF incluye del 10 al 40 % en peso de componentes activos. El resto del aditivo de bajo COF puede ser un portador inactivo, como una resina portadora. La resina portadora puede ser una poliolefina, por ejemplo, LDPE, HDPE o polipropileno (PP).

La disminución del bioensuciamiento puede reducir el número de ciclos de limpieza de membrana necesarios por año para un elemento de filtración por membrana. Los productos químicos usados para limpiar las membranas pueden provocar daños en la membrana, por lo que un bioensuciamiento reducido también puede reducir los daños en la membrana. Además de reducir el bioensuciamiento, el área de contacto reducida entre el espaciador de alimentos 14 con ASD y las láminas de membrana 6 también reduce los daños en la membrana. Una menor cantidad de intersecciones 38 en contacto con las láminas de membrana 6 da como resultado que se produzca un menor raspado y frotamiento entre el espaciador de alimentos 14 y las láminas de membrana 6.

Además, debido a la caída de presión reducida a partir del uso del espaciador de alimentos ASD 14, el espaciador de alimentos 14 puede hacerse más delgado que los espaciadores de alimentos convencionales para un elemento 1 por lo demás similar. Si un espaciador de alimentos convencional se hiciera más delgado para tener el mismo espesor que el espaciador de alimentos ASD 14, entonces podría haber una caída de presión inaceptable en el elemento 1. Tener un espaciador de alimentos 14 más delgado permite enrollar más envolturas de membrana 4 alrededor del tubo de recogida 10, aumentando de este modo la cantidad de área de superficie de la lámina de membrana 6 dentro del elemento 1, que habitualmente tiene un diámetro máximo de aproximadamente 40,64 cm (16 pulgadas).

#### EJEMPLO 1

Dos sistemas de filtración por ósmosis inversa de agua salobre (BWRO) se enrollaron usando espaciadores de alimentos ASD y se compararon con dos sistemas de filtración por BWRO usando espaciadores de alimentos convencionales que tenían espesores uniformes. Los elementos de filtración tenían 20,32 cm (8 pulgadas) de diámetro y 101,6 cm (40 pulgadas) de largo y se probaron en paralelo en las condiciones mostradas a continuación en la tabla 1 durante una hora. Tanto los espaciadores de alimentos ASD como los espaciadores de alimentos convencionales tenían un espesor de ~ 0,86 mm (34 mils) y tenían 25 láminas de membrana y 12 espaciadores de alimentos. Los resultados de la prueba se muestran a continuación en la tabla 2. Las tasas de reinyección (por ejemplo, el porcentaje de soluto que se evita que pase a través de las láminas de membrana) para los espaciadores

de alimentos ASD y los espaciadores de alimentos convencionales fueron similares. Los elementos que tenían el espaciador de alimentos ASD tenían caudales ligeramente más altos en una base de  $\text{m}^3$  por día. La caída de presión ( $\Delta P$ ) de los elementos que tenían el espaciador ASD mostró una reducción promedio de aproximadamente el 23,3 % en comparación con los elementos que tenían un espaciador tradicional.

5

Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	3.200
pH	7
Presión de alimentación (bar)	15,5
Flujo concentrado ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	4,8
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	25

Tabla 1. Condiciones de prueba para sistemas de filtración que tienen ASD y espaciadores de alimentos convencionales.

Muestra	Reinyección (%)	Flujo ( $\text{m}^3/\text{día}$ )	$\Delta P$ (bar)	Mejora de $\Delta P$ (%)
Convencional 1	99,6	43,7	0,15	N/A
ASD 1	99,7	44,5	0,11	26,7
Convencional 2	99,5	42,5	0,15	N/A
ASD 2	99,6	44,4	0,12	20,0

10

Tabla 2. Resultados de prueba para sistemas de filtración que tienen ASD y espaciadores de alimentos convencionales.

## EJEMPLO 2

15

Un espaciador de alimentos de diamante convencional que tiene un espesor total de 1,91 mm (75 mils) y un espaciador de alimentos ASD que tiene un espesor total de 1,91 mm (75 mils) se fabricaron usando la impresión 3D. El espaciador de alimentos convencional tenía un espesor de hebra uniforme de 0,95 mm (37,5 mils). El espaciador de alimentos ASD tenía unas hebras grandes (A) con un espesor de 0,95 mm (37,5 mils) y unas hebras pequeñas (B) de 0,48 mm (18,75 mils) (por ejemplo, las hebras B tenían un espesor igual a la mitad del espesor de las hebras A). Los espaciadores de alimentos se probaron usando una celda de elemento de membrana SEPA CF Sterlitech ("la celda de flujo"). El espaciador convencional y el espaciador ASD se probaron a caudales de 2,0 y 1,0 galones por minuto. Los resultados mostraron que para un caudal de 2,0 galones/minuto, el espaciador ASD tenía una reducción del 16,79 % en la caída de presión en comparación con el espaciador convencional. Para un caudal de 1,0 galones/minuto, el espaciador ASD tenía una reducción del 30,05 % en la caída de presión en comparación con el espaciador convencional. Los resultados se muestran a continuación en la tabla 3.

25

	Entrada de presión	Salida de presión	Caída de presión	Mejora	Caudal
Descripción de muestra	PSI	PSI	PSI	% vs control	Gal/min
Control de diamante - 75mil	88,71	82,1	6,61	N/A	2,0
Control de diamante - 75mil	98,34	96,41	1,93	N/A	1,0
ASD - 75 mil	88,66	83,16	5,50	16,79	2,0
ASD - 75 mil	98,27	96,92	1,35	30,05	1,0

Tabla 3. Resultados de caída de presión en una celda de flujo para una realización de un espaciador de alimentos ASD en comparación con un espaciador convencional.

30

## EJEMPLO 3

Se realizaron pruebas simuladas usando la dinámica de fluidos computacional (CFD) usando las ecuaciones de Navier-Stokes para el flujo laminar de un líquido incompresible newtoniano. Se probaron dos condiciones: velocidad de flujo de entrada constante y velocidad de flujo de alimentación constante (condiciones mostradas en la tabla 4, resultados en la tabla 5). Los resultados de la simulación mostraron que para una velocidad de flujo de entrada constante de 0,16 m/s, la caída de presión se redujo en un 27 % en el espaciador de alimentos ASD, en comparación con el espaciador convencional. Para un caudal de alimentación constante de 16 l/h, los resultados de la simulación mostraron que la caída de presión se redujo en un 32 % en el espaciador de alimentos ASD, en comparación con el espaciador convencional. Cuando la velocidad de flujo de entrada se mantuvo constante a 0,16 m/s, el espaciador de alimentos de ASD tuvo un caudal de alimentación un 5,9 % mayor en comparación con el espaciador convencional. Cuando el caudal de alimentación se mantuvo constante a 16 l/h, el espaciador de

35

40



alimentos ASD tuvo una velocidad de flujo de entrada un 5,6 % menor en comparación con el espaciador convencional.

Espaciador de alimentos	Espesor	Porosidad	Caudal de alimentación (l/h)	Velocidad de flujo de entrada (m/s)
Convencional	863 $\mu\text{m}$	0,85	Variable (F = 16,9)	Constante ( $u_{in} = 0,16$ )
ASD	863 $\mu\text{m}$	0,90	Variable (F = 17,9)	Constante ( $u_{in} = 0,16$ )
Convencional	863 $\mu\text{m}$	0,85	Constante (F = 16)	Variable ( $u_{in} = 0,151$ )
ASD	863 $\mu\text{m}$	0,90	Constante (F = 16)	Variable ( $u_{in} = 0,143$ )

- 5 Tabla 4. Condiciones de CFD para velocidad de flujo de entrada constante y simulaciones de caudal de alimentación constante.

Velocidad de entrada constante $u_{in} = 0,16$ m/s				
Configuración de espaciador	Entrada de presión promedio (Pa)	Salida de presión promedio (Pa)	Caída de presión (Pa)	Caída de presión por cm (kPa/cm)
Estándar	195	28	167	0,233
Modificada	122	0	122	0,171 (reducción del 27 %)
Caudal de entrada constante (F = 16 l/h)				
Configuración de espaciador	Entrada de presión promedio (Pa)	Salida de presión promedio (Pa)	Caída de presión (Pa)	Caída de presión por cm (kPa/cm)
Estándar	178	26	152	0,211
Modificada	103	0	103	0,143 (reducción del 32 %)

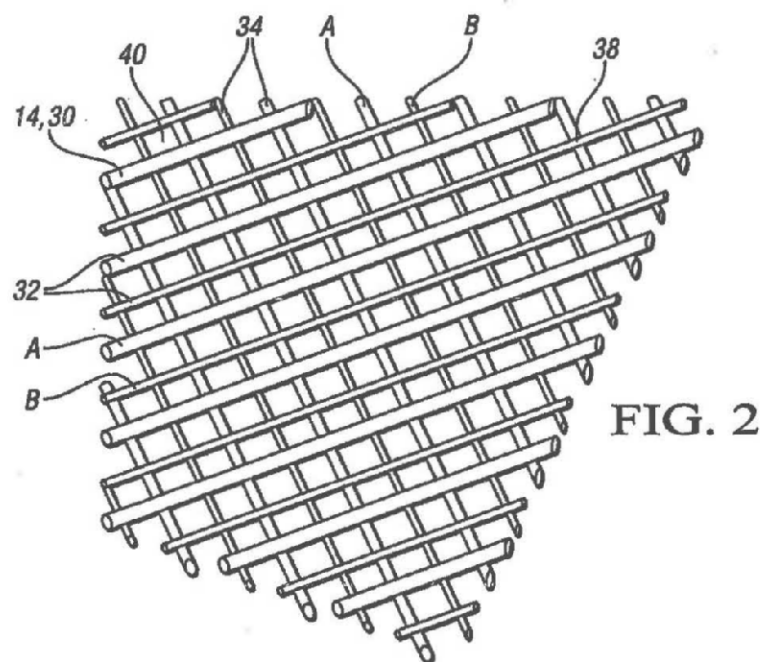
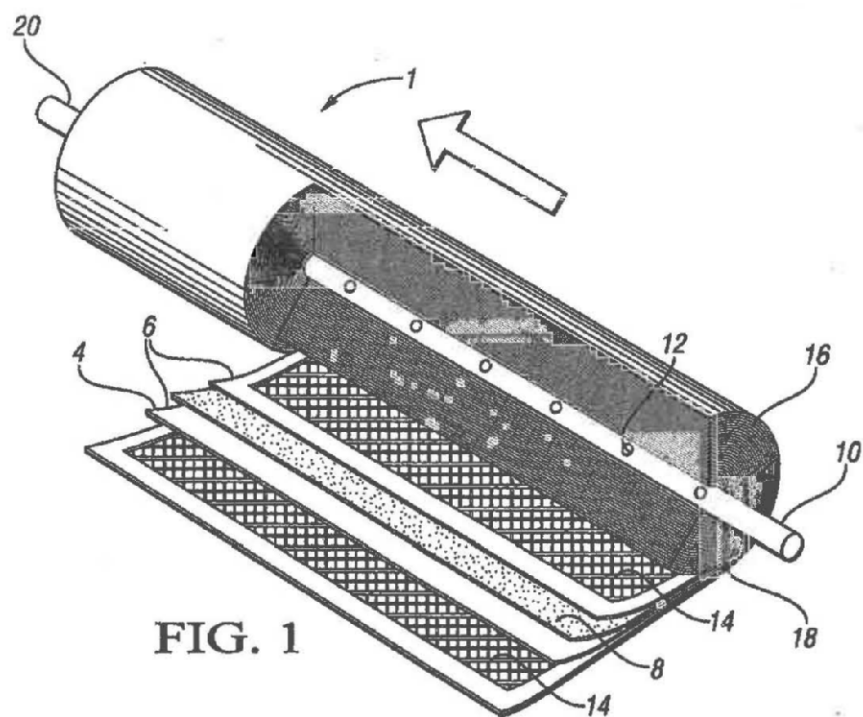
- 10 Tabla 5. Resultados de la simulación de CFD para velocidad de flujo de entrada constante y simulaciones de caudal de alimentación constante.

Aunque anteriormente se han descrito realizaciones a modo de ejemplo, no se pretende que estas realizaciones describan todas las formas posibles de la invención. Además, las características de las diversas realizaciones que se implementan pueden combinarse para formar realizaciones adicionales de la invención.

## REIVINDICACIONES

1. Un elemento de filtración enrollado en espiral (1) que comprende:

- 5 un tubo de recogida central (10) que tiene al menos un agujero (12) definido en el mismo;  
al menos una envoltura de membrana (4) unida al tubo de recogida central (10) y que tiene dos láminas de  
membrana (6) separadas por un espaciador (8), enrollándose la al menos una envoltura de membrana (4)  
alrededor del tubo de recogida central (10) para formar una espiral; y  
10 al menos un espaciador de alimentos (14) dispuesto adyacente a al menos una lámina de membrana cuando se  
enrolla alrededor del tubo de recogida central (10) y para crear un canal (16) para recibir el líquido a filtrar,  
comprendiendo el espaciador de alimentos (14) una red (30) que incluye:
- un primer conjunto de hebras paralelas (32) que se extiende en una primera dirección y que incluye una  
pluralidad de primeras hebras que tienen un primer espesor y una pluralidad de segundas hebras que tienen  
15 un segundo espesor que es menor que el primer espesor; y  
un segundo conjunto de hebras paralelas (34) que se extiende en una segunda dirección que es transversal a  
la primera dirección;  
caracterizado por que el primer conjunto de hebras (32) y el segundo conjunto de hebras (34) están siempre  
localizados en el mismo lado uno con respecto a otro;  
20 en el que el segundo conjunto de hebras paralelas (34) incluye una pluralidad de terceras hebras que tienen  
un tercer espesor y una pluralidad de cuartas hebras que tienen un cuarto espesor que es menor que el  
tercer espesor; y  
en el que el primer conjunto de hebras paralelas (32) comprende unas hebras primeras y segundas alternas y  
el segundo conjunto de hebras paralelas (34) comprende unas hebras terceras y cuartas alternas.  
25
2. El elemento de filtración enrollado en espiral (1) de la reivindicación 1, en el que las primeras hebras y las terceras  
hebras tienen espesores de 0,127 a 1,016 mm (5 a 40 mils) y las segundas hebras y las cuartas hebras tienen  
espesores de 0,076 a 0,889 mm (3 a 35 mils).
- 30 3. El elemento de filtración enrollado en espiral (1) de la reivindicación 1, en el que las primeras hebras y las terceras  
hebras tienen espesores de 0,203 a 0,889 mm (8 a 35 mils) y las segundas hebras y las cuartas hebras tienen  
espesores de 0,127 a 0,381 mm (5 a 15 mils).
4. El elemento de filtración enrollado en espiral (1) de la reivindicación 1, en el que las primeras hebras y las terceras  
hebras tienen espesores de 0,254 a 0,762 mm (10 a 30 mils) y las segundas hebras y las cuartas hebras tienen  
35 espesores de 0,178 a 0,305 mm (7 a 12 mils).
5. El elemento de filtración enrollado en espiral (1) de la reivindicación 1, en el que las primeras hebras y las terceras  
hebras tienen el mismo espesor y las segundas hebras y las cuartas hebras tienen el mismo espesor.  
40
6. El elemento de filtración enrollado en espiral (1) de la reivindicación 1, en el que la red (30) tiene un espesor total  
en una intersección (38) de las primeras hebras y las terceras hebras de 0,635 a 1,270 mm (25 a 50 mils).
7. El elemento de filtración enrollado en espiral (1) de la reivindicación 1, en el que el primer conjunto de hebras  
paralelas (32) es perpendicular al segundo conjunto de hebras paralelas (34).  
45
8. El elemento de filtración enrollado en espiral (1) de la reivindicación 1, en el que el primer conjunto de hebras  
paralelas (32) se interseca con el segundo conjunto de hebras paralelas (34) en un ángulo de 65 a 110 grados en  
una dirección paralela a un eje longitudinal del elemento.  
50
9. El elemento de filtración enrollado en espiral de la reivindicación 1, en el que el espaciador de alimentos (14)  
incluye de 0,1 a 10 % en peso de polietileno de peso molecular ultra alto.



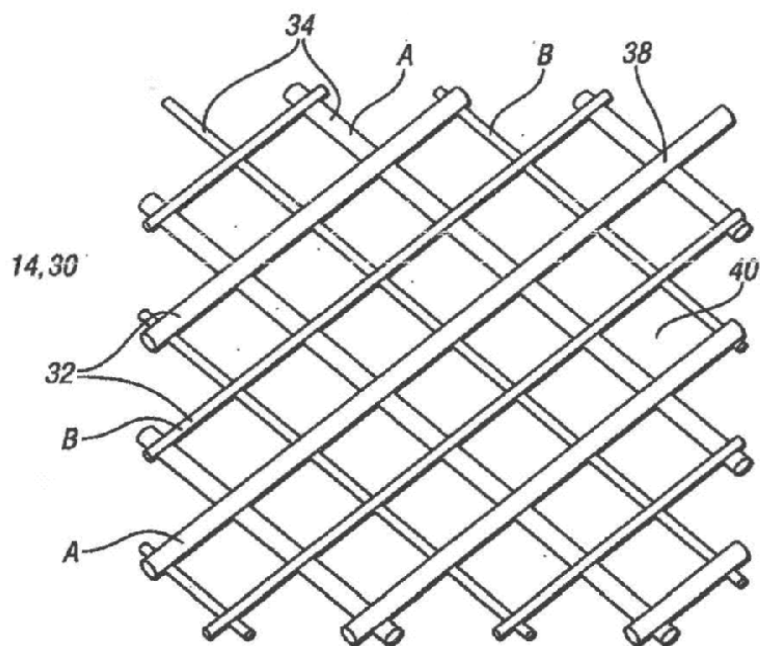


FIG. 3

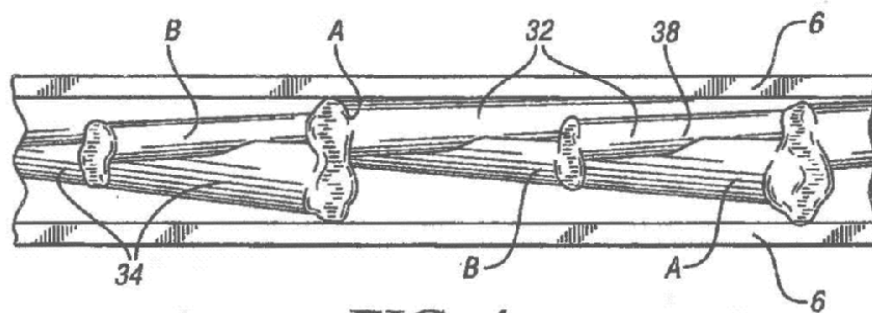


FIG. 4

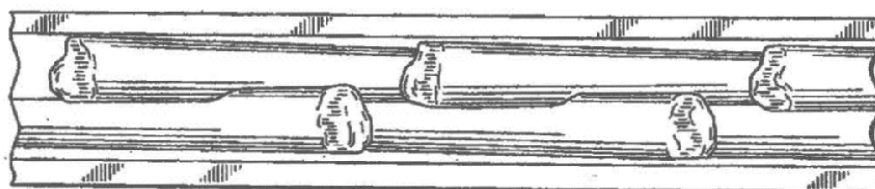


FIG. 5  
(TÉCNICA ANTERIOR)

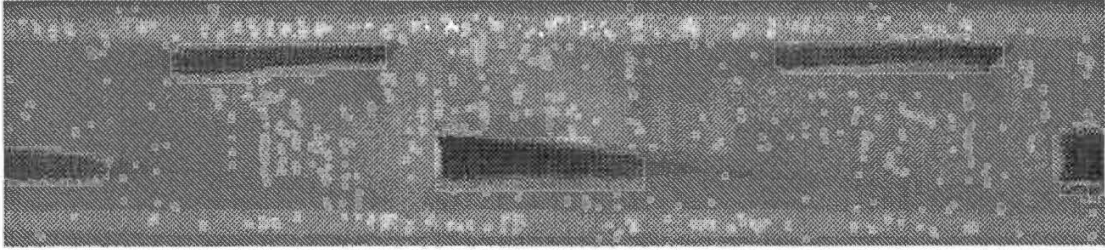


FIG. 6