

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 818 189**

51 Int. Cl.:

B01D 25/26 (2006.01)
B01D 61/46 (2006.01)
B01D 61/50 (2006.01)
B01D 65/00 (2006.01)
B01D 63/08 (2006.01)
B01D 61/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.11.2016 PCT/GB2016/053584**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.06.2017 WO17089747**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.11.2016 E 16801019 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.07.2020 EP 3380217**

54 Título: **Pila de membranas y método para elaborar la misma**

30 Prioridad:

26.11.2015 GB 201520869

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

09.04.2021

73 Titular/es:

**FUJIFILM MANUFACTURING EUROPE BV
(100.0%)
Oudenstaart 1
5047 TK Tilburg, NL**

72 Inventor/es:

**VAN DER BURG, EDUARD y
LINDERS, GERARDUS**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 818 189 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

Pila de membranas y método para elaborar la misma

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a una pila de membranas, tal como una disposición apilada de células de membrana planas. En un aspecto adicional, la presente invención se refiere a un método de fabricación de una pila de membranas.

10

Técnica anterior

La solicitud internacional WO 2012/065016 da a conocer un aparato de purificación eléctrico que comprende una pila de células que tiene un primer compartimento que comprende una primera membrana de intercambio catiónico y una primera membrana de intercambio aniónico, estando construido y dispuesto el primer compartimento para proporcionar un flujo de fluido directo en una primera dirección entre la primera membrana de intercambio catiónico y la primera membrana de intercambio aniónico. Se proporciona un segundo compartimento que comprende la primera membrana de intercambio aniónico y una segunda membrana de intercambio catiónico para proporcionar un flujo de fluido directo en una segunda dirección entre la primera membrana de intercambio aniónico y la segunda membrana de intercambio catiónico, estando construidos y dispuestos cada uno del primer compartimento y del segundo compartimento para proporcionar un contacto de fluido de más del 85% del área superficial de la primera membrana de intercambio catiónico, la primera membrana de intercambio aniónico y la segunda membrana de intercambio catiónico. Las pilas de células usadas en el documento WO 2012/065016 no comprenden cavidades de esquina. Además, el documento WO 2012/065016 usa grandes reservas del adhesivo para fijar las pilas de células a la carcasa.

15

20

25

La publicación de patente del Reino Unido GB-A-1 292 952 da a conocer una construcción de pila de membranas para su uso en electrodiálisis, diálisis u ósmosis inversa. Una pila de membranas con membranas, separadores y piezas de sellado se ubican dentro de una caja. Se añaden bloques de material para garantizar que se dejan espacios para colectores de entrada/salida, y se vierte material de sellado en el espacio entre la pared del bloque y el lado de las células.

30

El documento WO2012/065016 describe un aparato de purificación eléctrico y da a conocer en la figura 8 un método de sujeción de una pila de células de membrana 816 en una carcasa 818, en el que la pila de células de membrana tiene esquinas aplanadas 830.

35

El documento WO2014/142944 describe distribuidores de flujo para sistemas de separación electroquímicos y da a conocer en la figura 2 un marco 110, en cuyas esquinas puede meterse una pila de pares de células 120.

40

Sumario de la invención

La presente invención pretende proporcionar una pila de membranas mejorada, tal como una disposición apilada de células de membrana planas dentro de una carcasa, pila que tiene una gran área de membrana por unidad de volumen de la carcasa. Además, la presente invención pretende proporcionar un método rentable para producir tales pilas de membranas.

45

Según la presente invención se proporciona una disposición de pila de células de membrana, que comprende:

una carcasa (2) que tiene un eje central y una superficie interna (2a),

50

una pila de células de membrana (4), estando dispuesta cada célula de membrana (6) dentro de la carcasa (2) con una superficie principal (6a) de la célula de membrana (6) orientada sustancialmente en perpendicular al eje central,

55

teniendo cada célula de membrana (6) una forma con al menos cuatro lados (10a, 10b, 10c, 10d), proporcionando al menos uno de los lados de los al menos cuatro lados (10a, 10b, 10c, 10d) una alimentación de flujo a la célula de membrana (6) y proporcionando al menos uno de los lados de los al menos cuatro lados (10a, 10b, 10c, 10d) una evacuación de flujo desde la célula de membrana (6) y proporcionando los otros lados de los al menos cuatro lados (10a, 10b, 10c, 10d) paredes laterales cerradas de la célula de membrana (6),

60

comprendiendo cada célula de membrana una cavidad de esquina (12) entre cada dos lados adyacentes de los al menos cuatro lados (10a, 10b, 10c, 10d), estando las cavidades de esquina curvadas por dentro, o teniendo cada célula de membrana (6) cuatro lados rectos y habiendo entre cada dos lados adyacentes de los cuatro lados rectos una cavidad de esquina (12) que tiene dos lados orientados en perpendicular, y comprendiendo además la disposición de pila de membranas compartimentos de sellado (14) que están sustancialmente en paralelo al eje central de la carcasa, proporcionándose cada compartimento de sellado (14) mediante una cavidad de esquina (12) de células de membrana adyacentes (6) de la pila de células de membrana (4) en cooperación con una parte de la superficie interna (2a) de la carcasa (2); y

65

comprendiendo además la disposición de pila un material de sellado para fijar la pila de células de membrana (4) a la carcasa (2) y estando localizado al menos el 50% del material de sellado usado para fijar la pila de células de membrana (4) a la carcasa (2) dentro de los compartimentos de sellado (14).

Cada célula de membrana está dispuesta dentro de la carcasa con una superficie principal de la célula de membrana orientada sustancialmente en perpendicular al eje central, preferiblemente con una desviación no mayor de 5°, por ejemplo, el ángulo entre la superficie principal de la célula de membrana y el eje central es de entre 85° y 95°, más preferiblemente entre 87° y 93°.

La cavidad y las cavidades a las que se hace referencia en esta invención pueden denominarse alternativamente rebaje y rebajes, respectivamente.

Cada célula de membrana es normalmente un compartimento de flujo de fluido delimitado por una membrana inferior, una membrana superior y al menos dos paredes laterales cerradas y comprende opcionalmente un espaciador permeable a los fluidos entre las dos membranas. Normalmente, cada célula de membrana tiene dos lados abiertos a través de los que puede fluir fluido y los otros lados son paredes laterales cerradas. Normalmente, células de membrana adyacentes comparten una membrana.

Las células de membrana que comprenden una cavidad de esquina entre cada dos lados adyacentes de los al menos cuatro lados son normalmente células de membrana, en las que las partes de esquina se han eliminado. Por ejemplo, las células de membrana comprenden membranas inferiores y superiores, cuyas partes de esquina se han eliminado, junto con las partes de esquina de cualquier espaciador permeable a los fluidos presente entre las membranas inferiores y superiores. Las partes de esquina de las membranas inferiores y superiores (y del espaciador permeable a los fluidos, cuando esté presente) pueden eliminarse mediante, por ejemplo, corte por láser, troquelado o corte por chorro de agua. Las cavidades de esquina pueden formarse antes de la formación de la pila de membranas o, si se desea, después de haberse formado la pila de membranas.

La carcasa es preferiblemente una carcasa tubular que comprende una pared circunferencial y dos extremos abiertos o dos extremos cerrados, que comprenden una o más entradas de fluido y una o más salidas de fluido.

La pila de células de membrana puede ensamblarse fácilmente dentro de la carcasa, y las cavidades de esquina junto con una pared de la carcasa proporcionan un espacio definido de manera apropiada para material de sellado. Como resultado, la parte de área superficial de la sección transversal de carcasa disponible para cada célula de membrana dentro de la carcasa es mayor que en las disposiciones de la técnica anterior, es decir un área de célula de membrana más grande cabe en la carcasa que en las disposiciones de la técnica anterior.

En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un método de fabricación de una disposición de pila de células de membrana, que comprende las etapas de:

proporcionar una carcasa (2) que tiene un eje central y una superficie interna (2a);

construir una pila de células de membrana (4),

teniendo cada célula de membrana (6) una forma con al menos cuatro lados (10a, 10b, 10c, 10d), proporcionando al menos uno de los lados de los al menos cuatro lados (10a, 10b, 10c, 10d) una alimentación de flujo a la célula de membrana (6) y proporcionando al menos uno de los lados de los al menos cuatro lados (10a, 10b, 10c, 10d) una evacuación de flujo desde la célula de membrana (6) y proporcionando los otros lados de los al menos cuatro lados (10a, 10b, 10c, 10d) paredes laterales cerradas de la célula de membrana (6), comprendiendo cada célula de membrana (6) una cavidad de esquina (12) entre cada dos lados adyacentes de los al menos cuatro lados (10a, 10b, 10c, 10d), estando las cavidades de esquina (12) curvadas por dentro, o teniendo cada célula de membrana (6) cuatro lados rectos y habiendo entre cada dos lados adyacentes de los cuatro lados rectos una cavidad de esquina (12) que tiene dos lados orientados en perpendicular,

ubicar la pila de células de membrana (4) en la carcasa (2), estando una superficie principal (6a) de cada célula de membrana (6) orientada sustancialmente en perpendicular al eje central de la carcasa (2),

proporcionando de ese modo compartimentos de sellado (14) que se extienden sustancialmente en paralelo al eje central, estando formado cada compartimento de sellado (14) por cavidades de esquina (12) de células de membrana adyacentes (6) de la pila de células de membrana (4) en cooperación con una parte de la superficie interna (2a) de la carcasa (2), y un compartimento de alimentación (16) y un compartimento de evacuación (18), que se extienden cada uno sustancialmente en paralelo al eje central de la carcasa (2), estando formados el compartimento de alimentación (16) y el compartimento de evacuación (18) por las alimentaciones de flujo y las evacuaciones de flujo, respectivamente, de células de membrana adyacentes (6) de la pila de células de membrana (4) en cooperación con una parte adicional de la superficie interna (2a) de la carcasa (2); y

llenar los compartimentos de sellado (14) con un material de sellado curable y curar el material de sellado curable para fijar la pila de células de membrana (4) a la carcasa (2);

5 localizándose al menos el 50% del material de sellado usado para fijar la pila de células de membrana (4) a la carcasa (2) dentro de los compartimentos de sellado (14).

El segundo aspecto de la presente invención proporciona un método rentable y simple para fabricar disposiciones de pila de células de membrana.

10 **Breve descripción de los dibujos**

La presente invención se discutirá a continuación más detalladamente, usando varias realizaciones a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

15 la Figura 1 representa una vista tridimensional de una realización de una disposición de pila de células de membrana según la presente invención;

20 las Figuras 2 a 4 representan vistas desde arriba esquemáticas de diversas realizaciones de una disposición de pila de células de membrana según la presente invención;

la Figura 5 representa una vista desde arriba esquemática de una realización adicional de una pila de células de membrana según la presente invención;

25 la Figura 6 representa una vista desde arriba esquemática de una realización aún adicional de una pila de células de membrana según la presente invención; y

las Figuras 7a a 7f representan vistas desde arriba esquemáticas de cavidades de esquina según la presente invención.

30 La Figura 7b no es según la invención.

La Figura 7g es comparativa y representa una vista desde arriba esquemática de una esquina que no comprende una cavidad y en su lugar tiene una forma convexa o redondeada por fuera.

35 **Descripción detallada de realizaciones a modo de ejemplo**

Las Figuras 1 y 2 representan una vista tridimensional y una vista desde arriba, respectivamente, de una realización de una disposición de pila de células de membrana 1 según la presente invención. Por conveniencia y claridad, la realización de la Figura 2 puede considerarse una vista desde arriba o vista en sección transversal de la realización mostrada en la Figura 1.

40 Tal como se representa, la disposición de pila de células de membrana 1 comprende una carcasa 2 que circunda o rodea una disposición apilada de células de membrana 4, comprendiendo la carcasa 2 un eje central o eje longitudinal (no mostrado) y una pared que rodea ese eje central (que tiene una superficie interna 2a). En una realización, la carcasa 2 puede ser una carcasa tubular 2, lo que significa un cuerpo alargado que tiene una perforación central que se extiende a través del mismo (es decir que tiene dos extremos abiertos). No es necesario que el cuerpo alargado sea cilíndrico tal como se representa en la Figura 1, sino que puede tener una forma de sección transversal diferente, por ejemplo, hexagonal, tal como se representa en la Figura 4. Sin embargo, se prefieren carcascas cilíndricas. En una realización típica, la carcasa (tubular) 2 puede comprender o estar construida de polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad, polipropileno, poli(cloruro de vinilo), policarbonato, poli(metacrilato de metilo), acrilonitrilo-butadieno-estireno, polieteretercetona, resina epoxi, o una combinación o mezcla de dos o más de los mismos. La carcasa 2 puede comprender además un material de refuerzo, por ejemplo, metal, fibra de vidrio, fibra de carbono, fibra de aramida, o una combinación que comprende dos o más de los mismos.

55 Por facilidad de referencia y generalidad, los términos "pila de membranas", "pila de células de membrana" y "disposición apilada de células de membrana" se consideran sinónimos y se usarán de manera intercambiable a lo largo de la presente divulgación.

60 Cada célula de membrana 6 de la pila de células de membrana 4 está dispuesta dentro de la carcasa 2 con una superficie principal 6a de la célula de membrana 6 orientada sustancialmente en perpendicular al eje central. La disposición apilada de células de membrana 4 puede comprender células de membrana planas 6, por ejemplo, células de membrana sustancialmente planas. La pila de células de membrana 4 puede comprender células de membrana 6 que comprenden una membrana de intercambio catiónico y/o una membrana de intercambio aniónico y/u otro tipo de membrana, tal como una membrana bipolar. Preferiblemente, cada célula de membrana 6 comprende una membrana de intercambio catiónico y/o una de intercambio aniónico. En una realización, cada célula de membrana 6 comprende una membrana de intercambio catiónico y una de intercambio aniónico. Normalmente, una o ambas de las membranas

de intercambio iónico presentes en cada célula de membrana 6 actúan también como membrana de intercambio iónico para las células de membrana adyacentes 6 en la pila. Por tanto, la disposición de pila de membranas comprende preferiblemente membranas de intercambio catiónico y membranas de intercambio aniónico alternas por toda la disposición de pila de células de membrana 1.

5 Las membranas de intercambio aniónico y las membranas de intercambio catiónico, denominadas también colectivamente membranas de intercambio iónico, pueden tener una superficie lisa o pueden tener una superficie perfilada. Una o ambas superficies de la membrana de intercambio iónico pueden tener perfiles en forma de nervios y/o salientes que varían en altura entre, por ejemplo, 5 y 800 μm , dependiendo de la función deseada. Salientes de una baja altura pueden potenciar la turbulencia del fluido que fluye cerca de la superficie de membrana a través de la célula de membrana 6. Salientes más altos pueden contribuir a mantener las membranas de una célula de membrana 6 separadas, convirtiendo de ese modo los espaciadores en superfluos. Los ejemplos de salientes adecuados incluyen conos circulares, pirámides multiangulares (por ejemplo, piramidales triangulares, piramidales cuadradas y piramidales hexagonales), semiesferas, mesetas (por ejemplo, mesetas cuadradas, triangulares y circulares), cúpulas, conos truncados circulares, pirámides truncadas, diamantes, crestas cortas, y combinaciones de dos o más de los anteriores. Se prefieren salientes que tienen una relación de longitud promedio (L) con respecto a anchura promedio (W) de 10:1 a 1:10, más preferiblemente de 7:1 a 1:7, especialmente de 5:1 a 1:5, más especialmente de 2,5:1 a 1:2,5, cuando se mide en la base del saliente. Estas preferencias surgen porque a menudo puede obtenerse una mejor convección y menos problemas de bloqueo con las relaciones de L con respecto a W mencionadas anteriormente que cuando se usan nervios continuos, en los que una partícula puede bloquear completamente el paso de líquido entre dos nervios. Preferiblemente, la superficie perfilada comprende salientes, al menos el 80% (preferiblemente el 100%) de los cuales tienen una dimensión máxima en todas las direcciones (longitud, anchura y altura) de menos de 20 mm. Preferiblemente, la superficie perfilada comprende salientes que tienen una dimensión máxima en todas las direcciones (longitud, anchura y altura) de 0,04 a 10 mm, más preferiblemente de 0,05 a 6 mm. Preferiblemente, la superficie perfilada comprende salientes que están separados entre sí por un promedio de al menos 0,1 mm, más preferiblemente al menos 0,5 mm, por ejemplo, por 1, 2, 4, 8 o 12 mm.

30 Cada célula de membrana 6 de la pila de células de membrana 4 puede comprender una forma, circunferencia o periferia con al menos cuatro lados (preferiblemente rectos) (10a, 10b, 10c, 10d), proporcionando al menos dos lados (preferiblemente dos lados) de los al menos cuatro lados rectos una alimentación de flujo y una evacuación de flujo a la célula de membrana 6 y proporcionando los otros (lados) de los al menos cuatro lados rectos paredes laterales cerradas de la célula de membrana 6. Dicho de otra manera, cada célula de membrana 6 tiene preferiblemente una forma con al menos cuatro lados (10a, 10b, 10c, 10d), proporcionando al menos uno (preferiblemente solo uno) de los lados de los al menos cuatro lados una alimentación de flujo a la célula de membrana 6 y proporcionando al menos uno (preferiblemente solo uno) de los lados de los al menos cuatro lados una evacuación de flujo desde la célula de membrana 6 y proporcionando los otros lados de los al menos cuatro lados paredes laterales cerradas de la célula de membrana 6.

40 La pila de células de membrana 4 puede estar dispuesta en un patrón de pila de flujo cruzado para optimizar la eficiencia de la pila de células de membrana 4. En una realización de este tipo, la dirección de flujo de la alimentación de flujo a la evacuación de flujo de células de membrana adyacentes 6 están en ángulo entre sí (90 grados en la realización mostrada en la Figura 1, 60 grados en la realización mostrada en la Figura 4). Preferiblemente, las membranas adyacentes están fijadas entre sí a lo largo de los otros lados de los al menos cuatro lados por medio de un material de sellado, por ejemplo, un adhesivo, o mediante soldadura, proporcionando paredes laterales cerradas de la célula de membrana 6.

50 Cada célula de membrana 6 comprende una cavidad de esquina 12 entre cada dos (lados) adyacentes de los al menos cuatro lados 10a-d. La disposición de pila de células de membrana 1 comprende además compartimentos de sellado 14 en general sustancialmente en paralelo al eje central de la carcasa 2, proporcionándose cada compartimento de sellado 14 por cavidades de esquina 12 de células de membrana adyacentes 6 de la pila de células de membrana 4 en cooperación con una parte de la superficie interna 2a de la carcasa 2.

55 La disposición de pila de células de membrana 1 de la presente invención, en particular las cavidades de esquina 12 de cada célula de membrana 6, permite una mayor área superficial de cada célula de membrana 6 en la carcasa 2 en relación con la sección transversal (en perpendicular al eje central) de la carcasa 2, aumentando de ese modo la eficiencia global de la disposición de pila de células de membrana 1. Además, las cavidades de esquina 12 de cada célula de membrana 6 junto con la superficie interna 2a de la carcasa 2 proporcionan un compartimento de sellado 14 para fijar cada célula de membrana 6 a la carcasa 2 así como proporcionar un sello entre cada dos lados adyacentes de los al menos cuatro lados 10a-d de cada célula de membrana 6.

60 Los compartimentos de sellado 14 comprenden un material de sellado. El material de sellado permite tanto una conexión mejorada de cada célula de membrana 6 a la carcasa 2 como un sello mejorado entre cada dos lados adyacentes de los al menos cuatro lados 10a-d de cada célula de membrana 6.] Al menos el 50%, preferiblemente al menos el 70%, especialmente al menos el 80% del material de sellado usado para fijar la pila de células de membrana 4 a la carcasa 2 se localiza dentro de los compartimentos de sellado 14. Preferiblemente, el material de sellado presente en cada uno de los compartimentos de sellado 14 se extiende fuera de cada lado de cada compartimento de

sellado 14 hasta una distancia de menos del 70%, más preferiblemente menos del 60%, especialmente menos del 50%, más especialmente menos del 40% de la anchura del compartimento de sellado 14. De esta manera se reduce el coste de la disposición de pila de células de membrana 1 (debido a menores costes de material) y se aumentan el rendimiento, la velocidad y la eficiencia de la disposición de pila de células de membrana 1 (debido a que el material de sellado está contenido en gran parte dentro del compartimento de sellado 14 y de ese modo no impide el flujo de fluido a través de la disposición de pila de células de membrana 1).

En una realización, la disposición de pila de células de membrana 1 puede comprender además un compartimento de alimentación 16 y un compartimento de evacuación 18, que se extienden cada uno sustancialmente en paralelo al eje central de la carcasa 2 (por ejemplo, dentro de +/- 5 grados de paralelo), estando el compartimento de alimentación 16 y el compartimento de evacuación 18 en comunicación de fluido con las alimentaciones de flujo y las evacuaciones de flujo, respectivamente, de células de membrana adyacentes 6 de la pila de células de membrana 4 en cooperación con una parte adicional de la superficie interna 2a de la carcasa 2.

Así, en esta realización cada alimentación de flujo junto con una parte de la superficie interna 2a de la carcasa 2 delimita un colector tal como el compartimento de alimentación 16. Cada evacuación de flujo junto con una parte de la superficie interna 2a de la carcasa 2 delimita entonces un colector tal como el compartimento de evacuación 18. En consecuencia, el compartimento de alimentación 16 conecta colectivamente cada alimentación de flujo a una alimentación principal de la disposición de pila de células de membrana 1 y el compartimento de evacuación 18 conecta colectivamente cada evacuación de flujo a una evacuación principal de dicha disposición de pila 1.

El material de sellado es un material curado, por ejemplo, una resina curada, que llena completamente el compartimento de sellado 14 antes del curado y que fija de manera firme cada célula de membrana 6 a la carcasa 2 una vez curado.

En una realización, el material de sellado tiene una viscosidad (cuando se mide a 25°C y una velocidad de cizallamiento de 1 s⁻¹) de al menos 25 Pa.s, preferiblemente al menos 50 Pa.s, antes del curado. De esta manera puede garantizarse que el compartimento de sellado 14 se llene suficientemente con un material de sellado sin que se escape material de sellado hacia los compartimentos de alimentación 16 y los compartimentos de evacuación 18, y puede obtenerse un sello entre cada dos lados adyacentes de los al menos cuatro lados rectos 10a-d de cada célula de membrana 6. La viscosidad puede medirse usando un medidor de reología Physica MCR301 de Anton Paar GmbH. Un método adecuado para determinar la viscosidad es tal como sigue: sistema: PP20-SN19266; [d=0,3 mm]. La densidad se fijó a 1. La temperatura era de 25°C. La velocidad de cizallamiento de partida era de 1 s⁻¹ durante 70 s, seguida de una velocidad de cizallamiento de 100 s⁻¹ durante 50 s y posteriormente una velocidad de cizallamiento de 1 s⁻¹ durante 11 s. Preferiblemente, el valor de viscosidad es el promedio de una medición doble independiente y de cada medición el promedio de los últimos 10 s. La viscosidad del material de sellado es preferiblemente menor de 1 MPa.s, más preferiblemente menor de 100.000 Pa.s (cuando se mide a 25°C y una velocidad de cizallamiento de 1 s⁻¹, tal como se describió anteriormente).

Preferiblemente, el material de sellado tiene un alto grado de elasticidad. El grado de elasticidad puede expresarse como el alargamiento a la rotura, también denominado resistencia a la tracción de ingeniería, y puede medirse mediante una máquina de prueba de tracción. En una realización, una vez curado, el material de sellado tiene una dureza Shore A de menos de 90, preferiblemente menos de 70, y un alargamiento a la rotura de al menos el 50%, preferiblemente de al menos el 100%. Esto posibilita que el material de sellado se adapte a variaciones dimensionales de la pila de células de membrana 4, por ejemplo, debido a hinchamiento o fluctuaciones de presión de flujo. Preferiblemente, el material de sellado (curado) tiene una dureza Shore A de al menos 10 y un alargamiento a la rotura de no más del 2.000%. La dureza Shore A puede medirse usando un durómetro según la norma ISO 868. El alargamiento a la rotura puede medirse mediante el método de la norma ISO 37 (es decir en una muestra del material de sellado cuando se cura en aislamiento). La resistencia a la tracción del material de sellado a menudo no es crucial, porque la pila de células de membrana 4 está fijada dentro de la carcasa 2. Sin embargo, preferiblemente, el material de sellado tiene una resistencia a la tracción >0,4 N/mm², más preferiblemente >0,5 N/mm². La resistencia a la tracción del material de sellado puede medirse mediante el método de la norma ISO 37.

Preferiblemente, el material de sellado es un adhesivo de silicona curado. Esto se debe a que los adhesivos de silicona son a menudo blandos una vez curados y tienen un alargamiento a la rotura largo. Los ejemplos de adhesivos de silicona adecuados incluyen adhesivos de silicona Ottocoll de de Otto Chemie (por ejemplo, Ottocoll® S610 y S640, siliconas alcoxi de dos partes); sellantes de silicona Sikasil® (por ejemplo, Sikasil® SG-18, SG-20, SG-500, SG- 500 CN, SG-550, GS-621, IG-25, IG-25 HM Plus, WS-305 CN, WS-355, WS- 605 S FS-665 y FS-665 SL); adhesivos de silicona Sikaflex® y Sikabond® de Sika®; adhesivos de silicona Mastersil® de Masterbond; sellante de adhesivo de silicona de Permatex.

Los adhesivos adicionales que pueden curarse para proporcionar el material de sellado incluyen adhesivos de poliuretano, por ejemplo, adhesivos Powerline y Marine de 3M™; adhesivos Desmoseal®S de Bayer; y adhesivos híbridos tales como adhesivos Geniosil® de Wacker Chemie y Hybrid Adhesives de 3M™. Un ejemplo de un adhesivo que contiene epoxi que tiene una dureza Shore A de menos de 90 y un alargamiento a la rotura de más del 50% es

Duralco™ 4538N, preferiblemente con una relación de endurecedor/resina de al menos aproximadamente 2:1. Duralco™ 4538N puede obtenerse de Cotronics Corp.

5 El material de sellado contiene opcionalmente uno o más componentes adicionales, por ejemplo, un material de refuerzo o perlas. Las perlas opcionales pueden estar hechas de cualquier material adecuado, por ejemplo, vidrio, sílice, poli(metacrilato de metilo) (PMMA), poli(metacrilato de metilo)-dimetacrilato de etileno reticulado, poliestireno y poliestireno-divinilbenceno reticulado. La cantidad óptima de perlas es de desde el 0,5% en peso hasta el 50% en peso, en relación con el peso del material de sellado.

10 En una realización, la relación del volumen del compartimento de alimentación 16 con respecto al volumen del compartimento de sellado 14 es de entre 2 y 2.000, preferiblemente entre 3 y 1.400, más preferiblemente entre 30 y 1.000, dependiendo del diámetro interno de la carcasa 2, proporcionando de ese modo capacidad suficiente para el flujo de alimentación a toda la pila, así como capacidad suficiente para el compartimento de sellado 14 para formar un sellado interno apropiado de la disposición de pila de células de membrana 1. De manera similar, la relación del volumen del compartimento de evacuación 18 con respecto al volumen del compartimento de sellado 14 es de preferiblemente entre 2 y 2.000, preferiblemente entre 3 y 1.400, más preferiblemente entre 30 y 1.000, dependiendo del diámetro interno de la carcasa 2.

20 Haciendo referencia a la Figura 2, en una realización ventajosa, la cavidad de esquina 12 comprende una forma curvilínea por dentro, por ejemplo, forma semicircular o poligonal por dentro o una combinación de dos o más de las mismas. Por tanto, la cavidad de esquina 12 está curvada/es cóncava por dentro. Ejemplos de cavidades de esquina 12 se representan esquemáticamente en las Figuras 7a y 7c-7f. Se prefieren cavidades de esquina 12, cuya tangente 19 tiene al menos dos puntos de contacto (más preferiblemente dos y solo dos puntos de contacto) con la célula de membrana 6. Para células de membrana que tienen cuatro lados preferiblemente la tangente 19 a una o más, preferiblemente todas las cavidades de esquina 12 de cada célula de membrana 6 están a un ángulo de aproximadamente 45 grados (por ejemplo, (de 40 a 50 grados) en relación con los lados adyacentes a cada cavidad 12. Por tanto, una cavidad puede proporcionarse eliminando una porción curvada por dentro de una esquina de la célula de membrana 6. Una esquina curvada (convexa) por fuera (tal como la representada en la Figura 7g), cuya tangente 19 tiene solo un punto de contacto no es una cavidad porque apunta hacia fuera. Para una célula de membrana 6 que tiene seis lados, las tangentes 19 a preferiblemente una o más, preferiblemente todas las cavidades de esquina 12 de cada célula de membrana 6 están a un ángulo de aproximadamente 30 grados (por ejemplo, (de 25 a 35 grados) en relación con los lados adyacentes a cada cavidad 12. Para una célula de membrana 6 que tiene ocho lados, las tangentes 19 a preferiblemente una o más, preferiblemente todas las cavidades de esquina 12 de cada célula de membrana 6 están a un ángulo de aproximadamente 22,5 grados (por ejemplo, (de 20 a 25 grados) en relación con los lados adyacentes a cada cavidad 12.

35 La célula de membrana 6 tiene preferiblemente el mismo número de cavidades de esquina 12 que lados. Por ejemplo, cuando la célula de membrana tiene cuatro lados, tiene preferiblemente cuatro cavidades de esquina, cuando la célula de membrana tiene seis lados, tiene preferiblemente seis cavidades de esquina y cuando la célula de membrana tiene ocho lados, tiene preferiblemente ocho cavidades de esquina. Preferiblemente, la célula de membrana tiene un número par de lados.

40 La(s) cavidad(es) de esquina 12 permite(n) una flexibilidad aumentada para un "factor de forma" deseado o requerido de la pila de células de membrana 4 en relación con la carcasa 2 para optimizar la eficiencia de la disposición de pila de células de membrana 1.

50 En vista del "factor de forma" mencionado anteriormente, en realizaciones adicionales la carcasa 2 puede comprender una sección transversal circular o sección transversal elíptica en perpendicular al eje central. Sin embargo, en realizaciones aún adicionales es posible que la carcasa 2 también pueda comprender una sección transversal rectangular, una sección transversal poligonal y similares, por ejemplo, hexagonal, octagonal, en perpendicular al eje central, de modo que la disposición de pila de células de membrana 1 puede estar diseñada con el fin de cumplir prácticamente con cualquier requisito de forma para una aplicación particular.

55 Por ejemplo, las Figuras 3 y 4 muestran, cada una, una vista desde arriba esquemática de una realización a modo de ejemplo de una sección transversal elíptica y una poligonal, respectivamente, de una disposición de pila de células de membrana 1 según la presente invención. Basándose en una sección transversal particular elegida, la cavidad de esquina 12 puede adaptarse para tener una forma que proporcione una unión óptima de la pila de células de membrana 4 a la carcasa 2 así como un sellado óptimo entre cada uno de dos lados adyacentes de los al menos cuatro lados rectos 10a-d de cada célula de membrana 6.

60 La Figura 4 muestra una vista desde arriba esquemática de otra realización de la disposición de pila de células de membrana 1 según la presente invención. En la realización mostrada, cada célula de membrana 6 tiene seis lados rectos (10a, 10b, 10c, 10d, 10e, 10f), por ejemplo, cada célula de membrana 6 tiene una sección transversal de tipo hexágono, tal como se representa. La carcasa 2 en la Figura 4 tiene una sección transversal de tipo hexágono, pero también puede elegirse una carcasa que tenga una sección transversal circular u ovalada para células de membrana que tienen una sección transversal de tipo hexágono. En una realización aún adicional, cada célula de membrana 6

puede tener ocho lados que tienen, por ejemplo, una sección transversal de tipo octágono. La carcasa correspondiente 2 también puede tener una sección transversal de tipo octágono o puede tener otra sección transversal, por ejemplo, una sección transversal circular.

5 A la luz de la presente invención, la cavidad de esquina 12 puede elegirse de manera adecuada basándose en la forma de sección transversal de la carcasa 2 y la pila de células de membrana 4 circundada de ese modo. Obsérvese que la realización mostrada en las Figuras 2, 3 y 4 son solo ejemplos de secciones transversales particulares de la pila de células de membrana 4 en relación con la carcasa 2. En cualquier caso, la cavidad de esquina 12 puede adaptarse para tener una forma curvilínea/cóncava deseada para proporcionar una unión óptima de cada célula de membrana 6 a la carcasa 2 así como una característica de sellado óptima de cada compartimento de sellado 14.

10 En una realización, los lados de la célula de membrana 6 no están en paralelo a la superficie interna 2a de la carcasa 2. Esta realización garantiza que cualquier compartimento de alimentación 16 y compartimento de evacuación 18 tal como se describió anteriormente esté bien definido y proporcione una capacidad de admisión y de descarga suficiente para la disposición de pila de células de membrana 1.

15 En una realización, la relación del área proyectada en la dirección alargada (a lo largo del eje central) de la pila de células de membrana 4 y el área proyectada de la superficie interna 2a de la carcasa 2 es de al menos 0,64, preferiblemente al menos 0,66, más preferiblemente al menos 0,67. Las Figuras 2, 3 y 4 muestran proyecciones a lo largo del eje central de varias realizaciones de la pila de células de membrana 4.

20 El diámetro interno de la carcasa 2 y el diámetro máximo de la pila de células de membrana 4 (sustancialmente en perpendicular al eje central) son de manera preferible aproximadamente el mismo, es decir proporcionan un ajuste estrecho. La diferencia entre el diámetro interno de la carcasa 2 y el diámetro máximo de la pila de células de membrana 4 es de preferiblemente entre 5 y 8.000 μm , más preferiblemente entre 200 y 4.000 μm , por ejemplo, una diferencia de aproximadamente 1.000 o aproximadamente 2.000 μm .

25 La Figura 5 muestra una vista desde arriba esquemática de una realización adicional de una célula de membrana 6 según la presente invención. En la realización mostrada, la célula de membrana 6 puede estar dotada de uno o más agujeros pasantes 20, que permiten que se reciba un material de sellado en los mismos. En particular, en una realización ventajosa la pila de células de membrana 4 puede comprender una o más células de membrana 6, alineándose cada agujero pasante 20 con uno o más agujeros pasantes 20 de una célula de membrana contigua 6 en la pila de células de membrana 4. Como resultado, cuando están alineados, el uno o más agujeros pasantes 20 de cada célula de membrana 6 proporcionan agujeros pasantes que se extienden a través de toda la pila de células de membrana 4. El uno o más agujeros pasantes 20 puede llenarse con un material de sellado curable para fijar de manera firme las células de membrana 6 entre sí, una vez que se haya curado el material de sellado. Una vez curado, el material de sellado en los agujeros 20 forma una especie de marco interno y proporciona estabilidad a la pila 4 durante la manipulación y la ubicación de la pila 4 dentro de la carcasa 2. Entre las actividades de manipulación se encuentran, por ejemplo, cortar los lados a un tamaño deseado y eliminar el material de sellado en exceso usado para fijar membranas entre sí. El agujero pasante 20 tiene preferiblemente un diámetro de entre 2 y 10 mm, más preferiblemente de entre 3 y 6 mm. Preferiblemente, los agujeros pasantes 20 se llenan con material de sellado, por ejemplo, un adhesivo, simultáneamente con la aplicación de material de sellado a la membrana durante la elaboración de la pila de células de membrana 4. En una realización, cuando se construye la pila de células de membrana 4, se usan barras de guiado temporales en la posición de las cavidades de esquina 12 para ayudar a alinear las membranas y los espaciadores cuando estén presentes. El corte de los lados (preferiblemente rectos) puede realizarse mediante, por ejemplo, chorro de agua o mediante rayo láser, prefiriéndose el corte por chorro de agua. En una realización preferida, los agujeros pasantes 20 están abiertos a las cavidades de esquina 12 y, una vez curado, el material de sellado que llena los agujeros pasantes 20 está en contacto con el material de sellado que llena los compartimentos de sellado 14. En la realización de la Figura 5, tras construir la pila, el borde externo a lo largo de los al menos cuatro lados rectos 10a-d se corta de modo que quedan cavidades de esquina de forma semicircular.

30 En una realización, el material de sellado usado para llenar el uno o más agujeros pasantes 20 puede tener una viscosidad (a 25°C y una velocidad de cizallamiento de 1 s^{-1}) de al menos 25 Pa.s antes del curado, preferiblemente al menos 50 Pa.s, para garantizar que el uno o más agujeros pasantes 20 puedan llenarse suficientemente con el material de sellado para ubicar de manera firme las membranas de una o más células de membrana 6 en relación entre sí y proporcionar un marco interno flexible como parte de la pila de células de membrana 4. El material de sellado usado para fijar membranas entre sí, para llenar el agujero pasante 20 y para llenar los compartimentos de sellado 14 puede ser el mismo material o pueden usarse diferentes materiales.

35 La Figura 6 muestra una vista desde arriba esquemática de una realización aún adicional de una célula de membrana 6 que puede usarse en la disposición de pila de células de membrana de la presente invención. Cada célula de membrana 6 tiene una cavidad de esquina 12 entre cada dos lados adyacentes de sus cuatro lados rectos, teniendo la cavidad de esquina 12 dos lados orientados en perpendicular con una anchura de cavidad d , formando así un compartimento de sellado 14 entre una superficie interna 2a de la carcasa 2 y los dos lados orientados en perpendicular de la cavidad 12. La carcasa 2 tiene un diámetro interno D . En esta realización también se indican los compartimentos de alimentación 16 y los compartimentos de evacuación 18.

En la tabla 1 a continuación se facilitan valores indicativos para varias configuraciones de la disposición de pila de células de membrana 1 según la realización de la Figura 6 de la presente invención para la relación del área superficial proyectada de la pila de células de membrana 4 y del área superficial interna de la carcasa 2 proyectada a lo largo del eje central (para una carcasa con forma cilíndrica tal como se representa en la Figura 6 el área superficial proyectada a lo largo del eje central puede calcularse mediante la fórmula $\pi D^2/4$, donde D es el diámetro interno de la carcasa 2). Como referencia, la relación se calcula para una disposición que no tiene cavidades de esquina. Además, en la tabla 1 se incluye la relación del volumen de los compartimentos de entrada y de salida 16, 18 y de los compartimentos de sellado 14.

Tabla 1

N.º	Diámetro interno de la carcasa (D)	Anchura de la cavidad de esquina (d)	Relación de área superficial proyectada de la pila/área superficial interna de la carcasa	Relación de volumen del compartimento de entrada o de salida/compartimento de sellado
1	100	7	0,744	20
2	100	15	0,821	2
3	280	12	0,707	62
4	280	20	0,746	19
5	280	25	0,767	11
6	700	15	0,673	278
7	700	20	0,685	151
8	700	30	0,707	62
9	1500	15	0,654	1357
10	1500	25	0,666	472
11	1500	30	0,671	322
Ref.	100-1500	0	0,637	-

La disposición de pila de células de membrana 1 y diversas realizaciones de la misma tal como se dieron a conocer anteriormente pueden usarse ventajosamente en, por ejemplo, un dispositivo de electrodiálisis (ED) o un dispositivo de electrodiálisis inversa (RED). El dispositivo de electrodiálisis puede ser un dispositivo de electrodiálisis de células llenas también conocido como dispositivo de electrodesionización. Un dispositivo de este tipo puede comprender una pila de 2 a 1200 células de membrana, preferiblemente de 20 a 600 células de membrana, dependiendo de la aplicación deseada.

La pila de células de membrana 4 puede comprender además una célula de electrodo en cada extremo de la pila, que también pueden servir como placas de extremo. Alternativamente se proporcionan placas de extremo independientes que sellan la carcasa 2 en ambos extremos. Las células de electrodo pueden comprender una solución de electrolitos diferente de o idéntica al fluido alimentado a las otras células de membrana 6. Ejemplos de electrolitos que pueden usarse en las células de electrodo son cloruro de sodio, cloruro de potasio, sulfato de sodio, sales de Fe(II) y Fe(III), tales como FeCl_2 , FeCl_3 , FeSO_4 , $\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2$, o combinaciones de los mismos.

Las placas de extremo proporcionan normalmente conexiones a los compartimentos de alimentación de flujo 16 y los compartimentos de evacuación de flujo 18 de la pila de células de membrana 4.

La pila de células de membrana 4 puede comprender además células de membrana 6 que tienen dos membranas de intercambio iónico, por ejemplo, una membrana de intercambio aniónico y una membrana de intercambio catiónico, que se mantienen separadas mediante un espaciador permeable a los fluidos. El espaciador permeable a los fluidos está hecho preferiblemente de un material eléctricamente aislante inerte. Los materiales eléctricamente aislantes inertes adecuados incluyen polietileno, polipropileno, poliamida, poli(tereftalato de etileno), poliimida, politetrafluoroetileno, poli(fluoruro de vinilideno), fibra de vidrio y poli(cloruro de vinilo). Opcionalmente, el espaciador permeable a los fluidos está recubierto con una capa conductora de iones para potenciar el transporte de iones y para reducir los efectos de sombra del espaciador. Los ejemplos de materiales disponibles comercialmente que pueden usarse como espaciador permeable a los fluidos incluyen red extruida de Delstar (por ejemplo, N01014_60PP_NAT, N1014_90PP-NAT y N01017_90PP-NAT), de Industrial Netting (por ejemplo, XN-4820), y material tejido de Sefar (por ejemplo, NITEX 06-475/56, NITEX 03-300/51, NITEX 06-390/47, NITEX 07-240/59 y NYTAL PA 06-212). El espaciador permeable a los fluidos comprende preferiblemente una red (o malla) tejida o no tejida, que tiene preferiblemente un grosor de 100 a 1000 μm , más preferiblemente de 150 a 800 μm . La orientación de las hebras de la red es de manera preferible de aproximadamente 45° con respecto a la dirección de flujo principal del fluido a través de la célula de membrana 6. El tamaño de las aberturas en la red es de preferiblemente entre 70 y 500 μm , más preferiblemente entre 100 y 400 μm .

El electrodo en la célula de electrodo comprende preferiblemente un material conductor adecuado, tal como, por ejemplo, acero inoxidable, grafito, titanio, platino, iridio, rodio, niobio, circonio, tántalo, wolframio, polímeros conductores, óxidos conductores, materiales compuestos de polímero/carbono conductores, o una combinación de dos o más de los mismos. Por ejemplo, el electrodo puede ser una malla de titanio, una malla de acero inoxidable, una película de material compuesto de poliolefina/grafito, una placa de grafito o una placa de titanio. Además, el electrodo puede no estar recubierto o estar recubierto. Ejemplos son una malla de acero inoxidable recubierta con platino y una malla de titanio recubierta con óxido de iridio. En ciertas realizaciones pueden emplearse uno o más polímeros conductores como electrodo. Los ejemplos no limitativos de tales polímeros conductores pueden incluir polianilina, polipirrol, politiofeno, y combinaciones de los mismos. El electrodo puede comprender un óxido de metal mixto. Los ejemplos de óxidos conductores pueden comprender óxido de estaño dopado con indio (ITO), óxido de estaño dopado con antimonio (ATO) y óxido de cinc dopado con aluminio. En una realización, el electrodo puede comprender una capa superficial alta conductora que puede estar formada de cualquier material o material compuesto conductor con una alta área superficial. Los ejemplos de tales materiales para la capa superficial alta conductora incluyen carbono activo, nanotubos de carbono, grafito, fibra de carbono, tela de carbono, aerogel de carbono, polvos metálicos, por ejemplo, níquel, óxidos de metal, por ejemplo, óxido de rutenio, polímeros conductores, y cualquier mezcla de dos o más cualquiera de los anteriores.

En un aspecto adicional, la presente invención se refiere a un método para fabricar una disposición de pila de células de membrana. Por claridad y conveniencia se hace referencia a las Figuras 1-7.

Según la presente invención, el método comprende las etapas de proporcionar una carcasa 2 que tiene un eje central y una superficie interna 2a, construir una pila de células de membrana 4, teniendo cada célula de membrana 6 una forma con al menos cuatro lados 10a-d, proporcionando al menos uno (preferiblemente solo uno) de los lados de los al menos cuatro lados 10a-d una alimentación de flujo a la célula de membrana y proporcionando al menos uno (preferiblemente solo uno) de los lados de los al menos cuatro lados 10a-d una evacuación de flujo desde la célula de membrana 6 y proporcionando los otros (lados) de los al menos cuatro lados paredes laterales cerradas de la célula de membrana 6, comprendiendo cada célula de membrana 6 una cavidad de esquina 12 entre cada dos (lados) adyacentes de los al menos cuatro lados 10a-d. Las cavidades de esquina o bien están curvadas por dentro, o bien, cuando la célula de membrana tiene cuatro lados rectos, las cavidades de esquina tienen dos lados orientados en perpendicular entre cada dos lados adyacentes de la membrana. El método comprende además ubicar la pila de células de membrana 4 en la carcasa 2, estando una superficie principal 6a de cada célula de membrana 6 orientada sustancialmente en perpendicular al eje central de la carcasa 2, proporcionando de ese modo compartimentos de sellado 14 que se extienden sustancialmente en paralelo al eje central. Resumiendo, la pila de células de membrana 4 puede verse como una disposición paralela de células de membrana planas 6 dispuestas coaxialmente en la carcasa 2, proporcionando las cavidades de esquina 12 compartimentos de sellado 14 que se extienden en la dirección longitudinal (es decir en paralelo al eje central) de la carcasa 2. El término "longitudinal" no pretende implicar que la longitud de la carcasa 2 tenga que ser mayor que su anchura.

Los compartimentos de sellado 14 están formados por cavidades de esquina 12 de unas adyacentes (es decir células de membrana 6) de la pila de células de membrana 4 en un enganche cooperativo con una parte de la superficie interna 2a de la carcasa 2, y un compartimento de alimentación 16 y un compartimento de evacuación 18, que se extienden cada uno en paralelo al eje central o en la dirección longitudinal de la carcasa 2. El compartimento de alimentación 16 y el compartimento de evacuación 18 están formados por las alimentaciones de flujo y las evacuaciones de flujo, respectivamente, de unas adyacentes de la pila de células de membrana 4 en un enganche cooperativo con una parte adicional de la superficie interna 2a de la carcasa 2.

El método de la presente invención permite un ensamblaje conveniente, eficiente y modular de una disposición de pila de células de membrana 1. De la manera más notable, una ventaja del método es que al ubicar una o más pilas de células de membrana 4 en la carcasa 2, se obtienen automáticamente los compartimentos de sellado 14 gracias a las cavidades de esquina 12 de cada célula de membrana 6 junto con una parte de la superficie interna 2a de la carcasa 2. Además, los al menos cuatro lados 10a-d de cada célula de membrana 6 junto con una parte de la superficie interna 2a de la carcasa 2 definen o delimitan los compartimentos de alimentación 16 y los compartimentos de evacuación 18 de la disposición de pila de células de membrana 1. Esto reduce el número de piezas usadas, así como el número de piezas que deben manipularse cuando se fabrica la disposición de pila de células de membrana 1.

La construcción de una pila de células de membrana 4 comprende normalmente las etapas de proporcionar una membrana de intercambio catiónico, aplicar un material de sellado a lo largo de los otros lados de los al menos cuatro lados de la membrana de intercambio catiónico, ubicar opcionalmente un espaciador encima de la membrana de intercambio catiónico, ubicar una membrana de intercambio aniónico encima de la misma, y aplicar un material de sellado a lo largo de los otros lados de los al menos cuatro lados de la membrana de intercambio aniónico, siendo la orientación del material de sellado aplicado sobre la membrana de intercambio aniónico diferente de la orientación del material de sellado aplicado sobre la membrana de intercambio catiónico. En una realización, (parte de) las membranas de intercambio catiónico se fijan a membranas de intercambio catiónico y/o (parte de) las membranas de intercambio aniónico se fijan a membranas de intercambio aniónico y/o (algunas de) las membranas de intercambio catiónico o aniónico se fijan a otros tipos de membranas, tales como membranas bipolares. Mientras se construye la pila de células de membrana 4 puede aplicarse compresión tras la ubicación de cada membrana o tras haber apilado

un número de membranas. En una realización, tras haberse construido una pila de células de membrana 4 se comprime la pila de células de membrana 4 y se cura el material de sellado mientras la pila de células de membrana 4 se mantiene bajo compresión. Preferiblemente, la compresión se aplica de modo que la altura de la pila de células de membrana 4 se lleve hasta un valor predeterminado. Opcionalmente pueden usarse barras de guiado para hacer que sea más fácil alinear las membranas y los espaciadores opcionales durante la ubicación.

El método comprende además la etapa de llenar los compartimentos de sellado 14 con un material de sellado que es un material de sellado curable.] Los compartimentos de sellado 14 pueden llenarse con un material de sellado para tanto fijar cada célula de membrana 6 (es decir la pila de células de membrana 4) a la carcasa 2 como proporcionar un sello entre dos lados adyacentes de una célula de membrana 6 que tienen dispuestos entremedias una cavidad de esquina 12 (es decir proporcionar un sello entre los compartimentos de alimentación 16 y los compartimentos de evacuación 18).

Para fijar de manera rígida cada célula de membrana a la carcasa 2 y proporcionar un sello, el método comprende curar el material de sellado. En una realización típica, el material de sellado puede ser un material curado (por ejemplo, resina curada), que tiene, por ejemplo, una viscosidad (a 25°C y una velocidad de cizallamiento de 1 s⁻¹) de al menos 25 Pa.s antes del curado. Este nivel de viscosidad permite que el material curable fluya fácilmente al interior del compartimento de sellado 14 llenándolo completamente sin escape (excesivo) a otros compartimentos. El curado del material de sellado puede conseguirse mediante radiación, por ejemplo, mediante luz UV o visible, mediante exposición a calor (o radiación IR), a humedad, mediante una reacción química, por ejemplo, en un sistema adhesivo de dos componentes, o mediante una combinación de dos o más de estos métodos.

No es necesario que la construcción de una pila de células de membrana 4 se realice en un único proceso de fabricación añadiendo consecutivamente células de membrana 6 hasta que todas las células de membrana 6 requeridas se hayan apilado dentro de la carcasa 2 o antes de colocar la pila de células de membrana 4 dentro de la carcasa 2. En su lugar, puede ser deseable producir la pila de células de membrana 4 de un modo por lotes, por tanto, ubicando una primera pila de células de membrana 4 en la carcasa 2 seguido de la ubicación de una segunda pila de células de membrana 4 en la carcasa 2. Preferiblemente, las pilas de células de membrana 4 se fijan entre sí mediante un material de sellado que puede ser el mismo que o diferente del material de sellado usado para fijar las pilas de células de membrana 4 a la carcasa 2. Así, en una realización el método puede comprender además ubicar una segunda pila de células de membrana 4 en la carcasa 2 encima de una primera pila de células de membrana 4. Esta realización puede ser ventajosa para pilas más grandes de células de membrana 4, en las que una primera pila de células de membrana 4 se ubica y se fija a la carcasa 2 tal como se esbozó anteriormente antes de ubicar y fijar una segunda pila de células de membrana 4 a la carcasa 2. A la luz de esto, se proporciona una realización en la que el método comprende además llenar los compartimentos de sellado 14 asociados con la segunda pila (y posiblemente pilas adicionales) de células de membrana 4 con un material de sellado. Alternativamente, varias pilas de células de membrana 4 se ubican en la carcasa 2 una encima de otra, tras lo cual todas las pilas se fijan a la carcasa 2 llenando los compartimentos de sellado 14. Como con todas las realizaciones descritas anteriormente, el material de sellado puede ser un material curado, por ejemplo, una resina curada con viscosidad adecuada antes del curado.

Las realizaciones de la presente invención se han descrito anteriormente con referencia a varias realizaciones a modo de ejemplo tal como se muestran en los dibujos. Son posibles modificaciones e implementaciones alternativas de algunas partes o elementos, y están incluidas en el alcance de protección definido en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1.- Una disposición de pila de células de membrana, que comprende:

5 una carcasa (2) que tiene un eje central y una superficie interna (2a),

una pila de células de membrana (4), estando dispuesta cada célula de membrana (6) dentro de la carcasa (2) con una superficie principal (6a) de la célula de membrana (6) orientada sustancialmente en perpendicular al eje central,

10 teniendo cada célula de membrana (6) una forma con al menos cuatro lados (10a, 10b, 10c, 10d), proporcionando al menos uno de los lados de los al menos cuatro lados (10a, 10b, 10c, 10d) una alimentación de flujo a la célula de membrana (6) y proporcionando al menos uno de los lados de los al menos cuatro lados (10a, 10b, 10c, 10d) una evacuación de flujo desde la célula de membrana (6) y proporcionando los otros lados de los al menos cuatro lados (10a, 10b, 10c, 10d) paredes laterales cerradas de la célula de membrana (6),

15 comprendiendo cada célula de membrana una cavidad de esquina (12) entre cada dos lados adyacentes de los al menos cuatro lados (10a, 10b, 10c, 10d), estando las cavidades de esquina curvadas por dentro, o teniendo cada célula de membrana (6) cuatro lados rectos y habiendo entre cada dos lados adyacentes de los cuatro lados rectos una cavidad de esquina (12) que tiene dos lados orientados en perpendicular, y comprendiendo además la disposición de pila de membranas compartimentos de sellado (14) que están sustancialmente en paralelo al eje central de la carcasa, proporcionándose cada compartimento de sellado (14) por una cavidad de esquina (12) de células de membrana adyacentes (6) de la pila de células de membrana (4) en cooperación con una parte de la superficie interna (2a) de la carcasa (2); y

25 comprendiendo además la disposición de pila un material de sellado para fijar la pila de células de membrana (4) a la carcasa (2) y localizándose al menos el 50% del material de sellado usado para fijar la pila de células de membrana (4) a la carcasa (2) dentro de los compartimentos de sellado (14).

30 2.- La disposición de pila de células de membrana según la reivindicación 1, en la que la pila de células de membrana (4) comprende además al menos un agujero pasante (20) que comprende un material de sellado.

35 3.- La disposición de pila de células de membrana según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un compartimento de alimentación (16) y un compartimento de evacuación (18), que se extienden cada uno sustancialmente en paralelo al eje central de la carcasa (2), estando formado el compartimento de alimentación (16) y el compartimento de evacuación (18) por las alimentaciones de flujo y las evacuaciones de flujo, respectivamente, de células de membrana adyacentes (6) de la pila de células de membrana (4) en cooperación con una parte adicional de la superficie interna (2a) de la carcasa (2).

40 4.- La disposición de pila de células de membrana según la reivindicación 3, en la que la relación del volumen del compartimento de alimentación (16) o del volumen del compartimento de evacuación (18) con respecto al volumen del compartimento de sellado (14) es de entre 2 y 2.000.

45 5.- La disposición de pila de células de membrana según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la relación del área proyectada a lo largo del eje central de la pila de células de membrana (4) y el área proyectada de la superficie interna (2a) de la carcasa (2) es de al menos 0,66.

50 6.- La disposición de pila de células de membrana según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la carcasa (2) tiene una de una sección transversal circular; una sección transversal elíptica; una sección transversal rectangular; y una sección transversal poligonal; en una dirección en perpendicular al eje central.

7.- La disposición de pila de células de membrana según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la pila de células de membrana (4) está dispuesta en un patrón de pila de flujo cruzado y en la que cada célula de membrana (6) tiene cuatro, seis u ocho lados.

55 8.- La disposición de pila de células de membrana según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que cada célula de membrana (6) comprende una membrana de intercambio aniónico y/o una membrana de intercambio catiónico y/o una membrana bipolar.

60 9.- La disposición de pila de células de membrana según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los lados de la célula de membrana (6) no están en paralelo a la superficie interna (2a) de la carcasa (2).

10.- Un método de fabricación de una disposición de pila de células de membrana, que comprende las etapas de:

proporcionar una carcasa (2) que tiene un eje central y una superficie interna (2a);

65 construir una pila de células de membrana (4),

- 5 teniendo cada célula de membrana (6) una forma con al menos cuatro lados (10a, 10b, 10c, 10d), proporcionando al menos uno de los lados de los al menos cuatro lados (10a, 10b, 10c, 10d) una alimentación de flujo a la célula de membrana (6) y proporcionando al menos uno de los lados de los al menos cuatro lados (10a, 10b, 10c, 10d) una evacuación de flujo desde la célula de membrana (6) y proporcionando los otros lados de los al menos cuatro lados (10a, 10b, 10c, 10d) paredes laterales cerradas de la célula de membrana (6), comprendiendo cada célula de membrana (6) una cavidad de esquina (12) entre cada dos lados adyacentes de los al menos cuatro lados (10a, 10b, 10c, 10d), estando las cavidades de esquina (12) curvadas por dentro, o teniendo cada célula de membrana (6) cuatro lados rectos y habiendo entre cada dos lados adyacentes de los cuatro lados rectos una cavidad de esquina (12) que tiene dos lados orientados en perpendicular,
- 10 ubicar la pila de células de membrana (4) en la carcasa (2), estando una superficie principal (6a) de cada célula de membrana (6) orientada sustancialmente en perpendicular al eje central de la carcasa (2),
- 15 proporcionando de ese modo compartimentos de sellado (14) que se extienden sustancialmente en paralelo al eje central, estando formado cada compartimento de sellado (14) por cavidades de esquina (12) de células de membrana adyacentes (6) de la pila de células de membrana (4) en cooperación con una parte de la superficie interna (2a) de la carcasa (2), y un compartimento de alimentación (16) y un compartimento de evacuación (18), que se extienden cada uno sustancialmente en paralelo al eje central de la carcasa (2), estando formados el compartimento de alimentación (16) y el compartimento de evacuación (18) por las alimentaciones de flujo y las evacuaciones de flujo, respectivamente, de células de membrana adyacentes (6) de la pila de células de membrana (4) en cooperación con una parte adicional de la superficie interna (2a) de la carcasa (2); y
- 20 llenar los compartimentos de sellado (14) con un material de sellado curable y curar el material de sellado curable para fijar la pila de células de membrana (4) a la carcasa (2);
- 25 localizándose al menos el 50% del material de sellado usado para fijar la pila de células de membrana (4) a la carcasa (2) dentro de los compartimentos de sellado (14).
- 30 11.- El método según la reivindicación 10, que comprende además ubicar una segunda pila de células de membrana (4) en la carcasa (2) encima de una primera pila de células de membrana (4) y llenar los compartimentos de sellado (14) asociados con la segunda pila de células de membrana (4) con un material de sellado curable.
- 35 12.- Un dispositivo de electrodiálisis o un dispositivo de electrodiálisis inversa que comprende la disposición de pila de células de membrana según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

Fig. 1

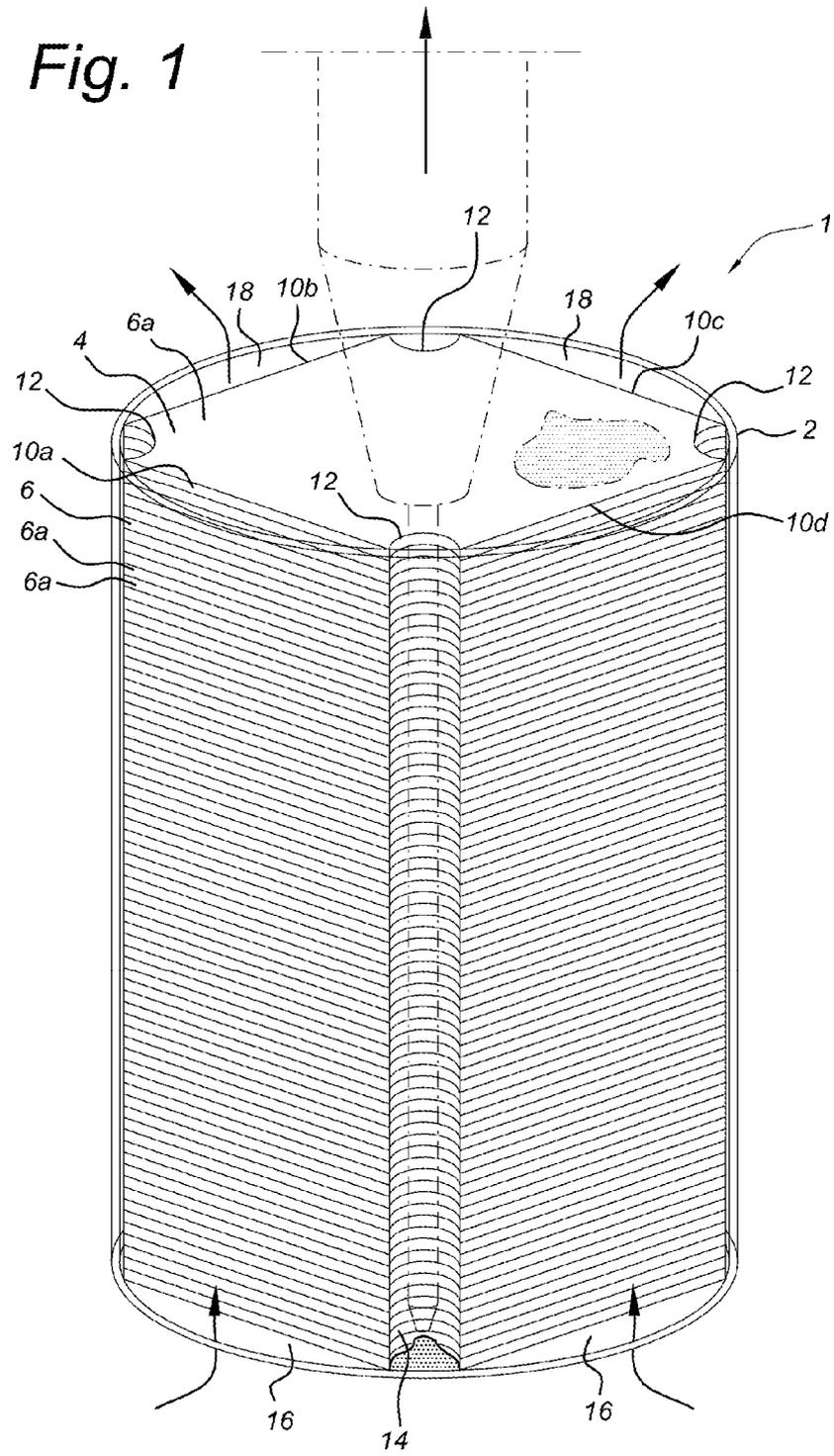


Fig. 2

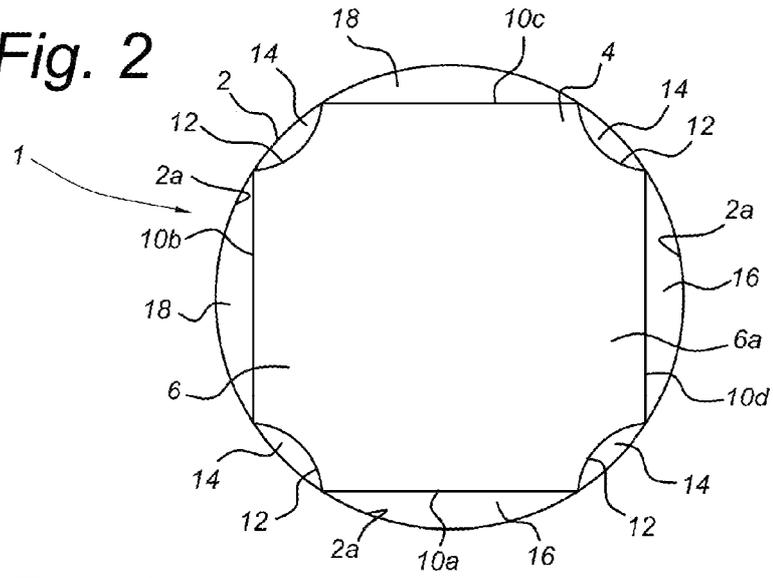


Fig. 3

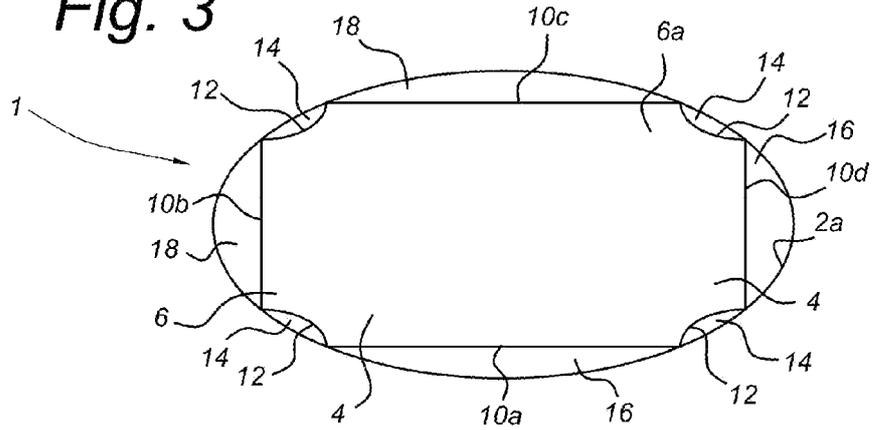


Fig. 4

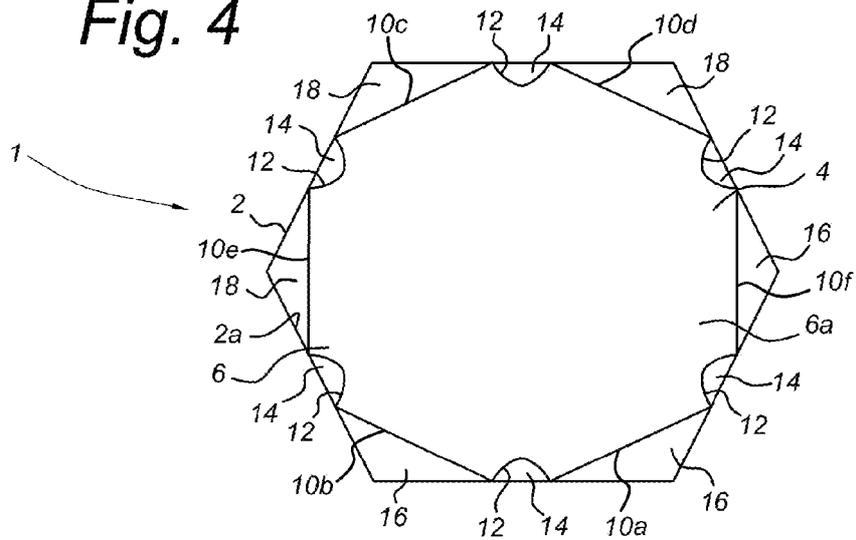


Fig. 5

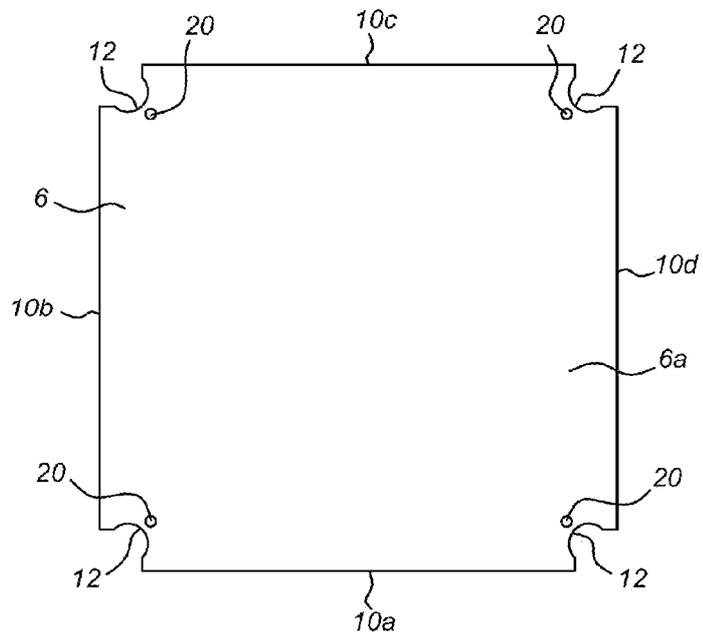


Fig. 6

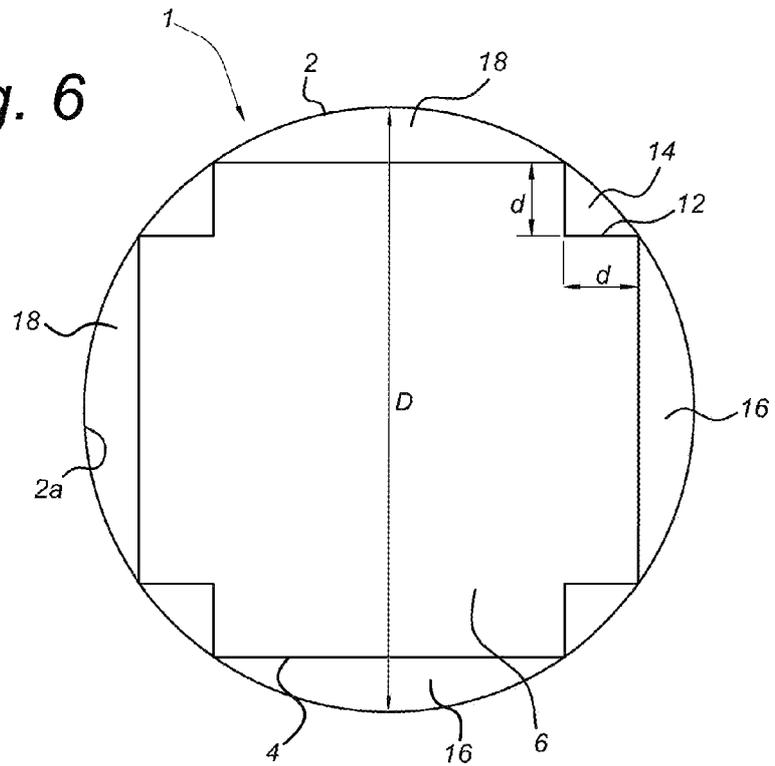


Fig. 7

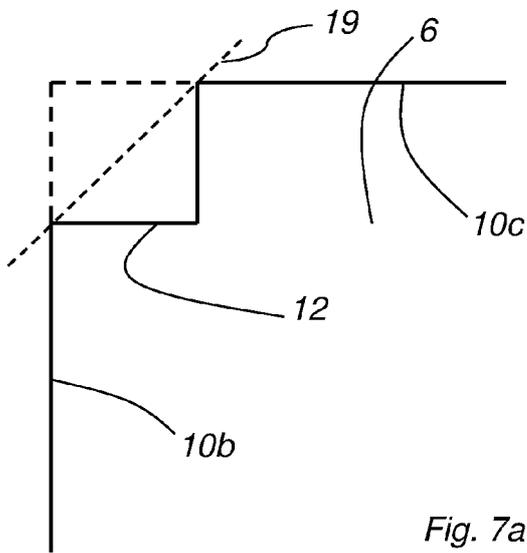


Fig. 7a

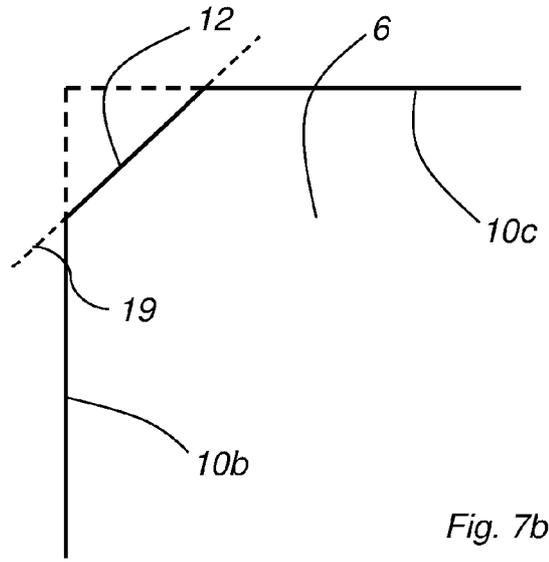


Fig. 7b

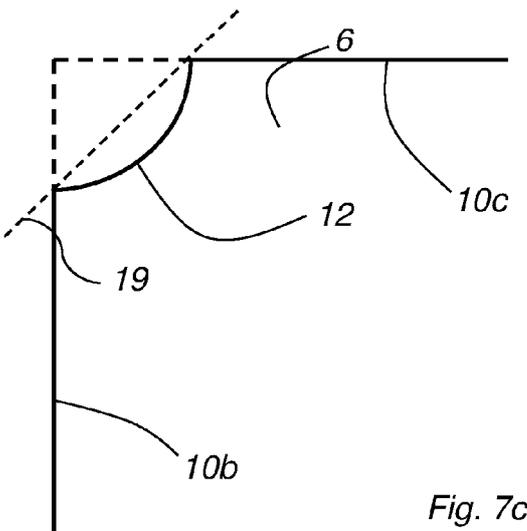


Fig. 7c

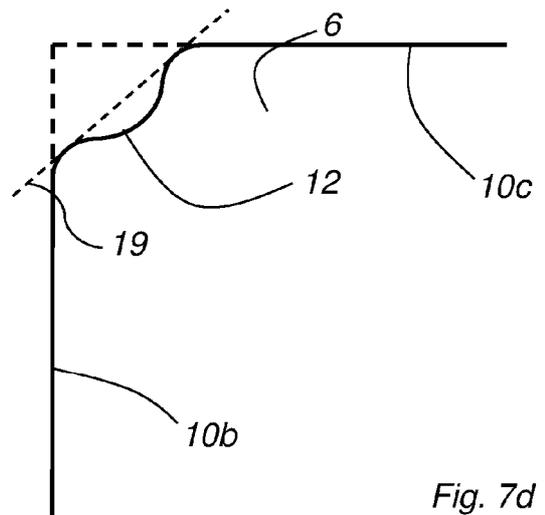


Fig. 7d

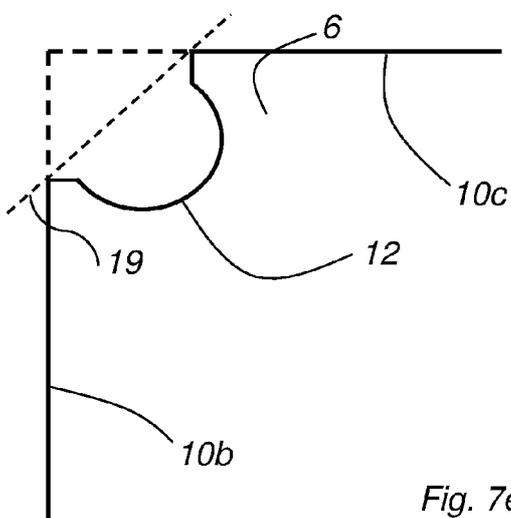


Fig. 7e

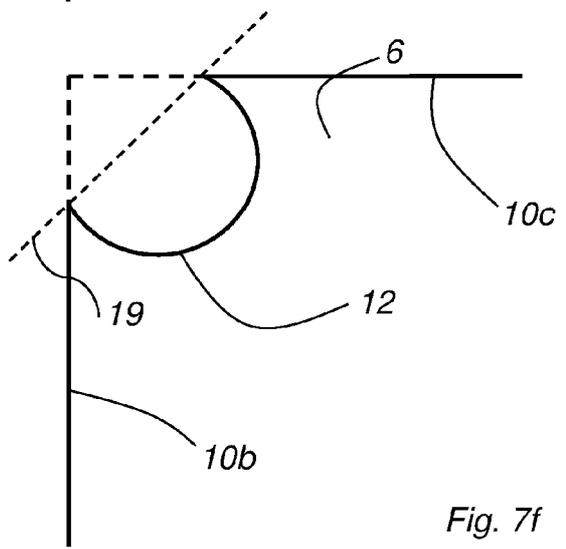


Fig. 7f

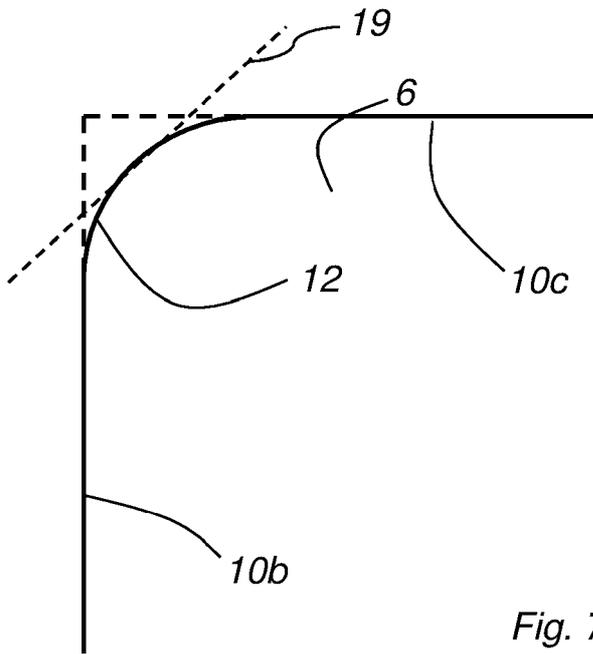


Fig. 7g