

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 792 996**

51 Int. Cl.:

**B01D 61/50** (2006.01)

**B01D 65/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.02.2015 PCT/GB2015/050530**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.09.2015 WO15128630**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.02.2015 E 15707730 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020 EP 3110535**

54 Título: **Apilamientos de membranas**

30 Prioridad:

**28.02.2014 GB 201403551**

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

**12.11.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**JESSEN, PETER;  
BHIKHI, VINODNARAIN;  
VAN BAAK, WILLEM;  
VAN ENGELEN, JOHANNES y  
VAN BERCHUM, BASTIAAN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

Observaciones:

**Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes**

ES 2 792 996 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

## Apilamientos de membranas

La presente invención se refiere a apilamientos de membranas, a unidades de intercambio iónico que los comprenden y a un procedimiento para su preparación.

5 Se conocen unidades de intercambio iónico ("IEUs") tales como unidades de electrodiálisis inversa y unidades de electrodiálisis.

10 Típicamente, las IEUs comprenden un ánodo, un cátodo y un apilamiento de membranas situado entre el ánodo y el cátodo. Los apilamientos de membranas comprenden compartimentos de dilución y compartimentos de concentración alternos, comprendiendo cada compartimento una pared membranosa permeable a cationes y una pared membranosa permeable a aniones. Típicamente, en la electrodiálisis inversa ("RED"), una solución iónica concentrada se alimenta a través del compartimento de dilución y una solución de concentración iónica inferior se alimenta a través del compartimento de concentración. Típicamente, en la electrodiálisis ("ED"), una solución iónica se alimenta a través de todos los compartimentos en los que al aplicar un campo eléctrico los iones son forzados desde la solución de los compartimentos de dilución hasta la solución de los compartimentos de concentración.

20 En la RED, la solución iónica concentrada es típicamente agua marina y la solución de concentración iónica inferior es típicamente agua dulce o salobre. Se puede generar electricidad de un modo ecológico a partir del soluto que pasa a través de las membranas desde la solución concentrada del compartimento de dilución hasta el compartimento de concentración, estando acompañado esto por la generación de electricidad de salida a través de los electrodos de los extremos del apilamiento. El voltaje generado por la diferencia de concentración a través de cada par de membranas es bajo, pero este voltaje se multiplica al incrementar el número de membranas de intercambio catiónico y aniónico alternas que separan las dos soluciones del apilamiento de membranas.

25 La ED usa apilamientos de membranas similares a los usados en la RED pero en este caso la electricidad se aplica a través de electrodos de cada extremo del apilamiento a fin de retirar iones no deseados de una solución iónica. La ED se puede usar, por ejemplo, para preparar agua potable a partir de agua marina salada.

30 Las susodichas técnicas de RED y ED requieren ambas apilamientos de membranas que comprenden membranas de intercambio aniónico y catiónico dispuestas de modo alterno.

Existen dos configuraciones generales usadas para IEUs: en primer lugar una configuración de placas y marco y en segundo lugar una configuración de arrollamiento helicoidal.

35 Típicamente, las IEUs que tienen una configuración de placas y marco comprenden membranas de intercambio catiónico y membranas de intercambio aniónico alternas aseguradas liberablemente entre sí usando placas extremas atornilladas entre sí, p. ej. según se ilustra en la Fig. 1. Cuando las membranas se ensucian o dañen a lo largo del tiempo, las placas extremas pueden desatornillarse y las membranas (individuales) limpiarse o reemplazarse según sea necesario.

45 El desmontaje y el remontaje de las IEUs de la configuración de placas y marco es una operación prolongada, laboriosa y difícil. Se requiere un alineamiento cuidadoso de las membranas, los espaciadores y los precintos para devolver el apilamiento a su comportamiento eficaz y libre de fugas previo. Para evitar fugas, se requieren altos momentos de torsión para ajustar las IEUs de la configuración de placas y marco, p. ej. a menudo se requieren momentos de torsión de entre 10 y 30 Nm o incluso superiores para evitar fugas. Estos altos momentos de torsión imponen fuertes demandas a los componentes usados para elaborar la unidad de placas y marco tales como las placas extremas y los tornillos, y a menudo provocan compresión de los compartimentos del apilamiento, incrementan la caída de presión y de ese modo restringen el flujo de líquidos a través de la unidad.

50 El documento WO 2004/051766 propone apilamientos electroquímicos unidos adhesivamente como una alternativa a la voluminosa configuración de los apilamientos de membranas de placas y marco. Esto evita la necesidad de precintos, juntas tóricas o dispositivos similares para sellar entre sí los diversos componentes del apilamiento. El documento WO 2004/051766 propone tratar químicamente los perímetros inactivos de las membranas de modo que puedan permanecer dimensionalmente estables, con respecto al contenido de humedad, después de montarse en un apilamiento de pila electroquímica unido. Sin embargo, estos tratamientos químicos implican productos químicos muy cáusticos y son engorrosos e incómodos de realizar, incrementando tanto la complejidad como el coste de la elaboración de los apilamientos de membranas.

60 Se ha ideado ahora un procedimiento para elaborar apilamientos de membranas que evita la necesidad de un tratamiento químico complejo de la periferia de las membranas. El procedimiento se puede usar para preparar IEUs que tienen una baja probabilidad de fugas de un modo rápido y cómodo. En contraste con las unidades de placas y

marco convencionales, los apilamientos de la presente invención se pueden usar para preparar IEUs sin requerir grandes momentos de torsión de compresión para prevenir fugas.

5 Según la presente invención, se proporciona un procedimiento para preparar un apilamiento de membranas que comprende las etapas de:

(i) interponer un adhesivo curable entre membranas de intercambio aniónico y membranas de intercambio catiónico alternas; y

(ii) curar el adhesivo;

10 en donde el apilamiento de membranas comprende compartimentos de dilución y compartimentos de concentración alternos, comprendiendo capa compartimento una membrana de intercambio catiónico como pared membranosa permeable a cationes y una membrana de intercambio aniónico como pared membranosa permeable a aniones y el adhesivo curado como junta estanca entre las membranas;

15 caracterizado por que dicho adhesivo, cuando está curado, tiene una dureza Shore A de menos de 70 y al menos 10 según se mide de acuerdo con ISO 868 y una elongación en la rotura de al menos 50% según se mide mediante el método de ISO 37.

20 En este documento (incluyendo sus reivindicaciones), el verbo "comprender" y sus conjugaciones se usan en su sentido no limitativo para significar que se incluyen los elementos que siguen al verbo, pero los elementos que no se mencionen específicamente no se excluyen. Además, la referencia a un elemento mediante el artículo indefinido "un" o "uno(a)" no excluye la posibilidad de que esté presente más de uno de los elementos, a menos que el contexto requiera claramente que exista uno y solo uno de los elementos. Así, el artículo indefinido "un" o "uno(a)" significa habitualmente "al menos uno". Por brevedad, en lo sucesivo en la presente, a menudo se hará referencia a un adhesivo curable que, cuando se cura, tiene una dureza Shore de menos de 70 y una elongación en la rotura de al menos 50% simplemente como "adhesivo curable". De forma similar, las referencias a estos adhesivos curables cuando están curados se abreviarán a menudo a "adhesivo curado".

30 En una realización, las membranas de intercambio aniónico y las membranas de intercambio catiónico se disponen de modo que el apilamiento de membranas comprenda compartimentos de dilución y compartimentos de concentración alternos, al menos dos bordes de cada compartimento se aseguran entre sí al curar el adhesivo curable de modo que los bordes asegurados entre sí definan la dirección en la que el líquido puede fluir entre los compartimentos.

35 La presente invención se describirá ahora con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Fig. 1 representa una IEU de la técnica anterior de configuración de placas y marco.

La Fig. 2 es una vista en perspectiva esquemática de un apilamiento de membranas según la presente invención.

40 Las Fig. 3a a 3e son vistas laterales esquemáticas que ilustran una realización de la presente invención que usa membranas texturizadas planas.

45 La Fig. 1 muestra una IEU de la técnica anterior de configuración de placas y marco 10. La IEU 10 de la técnica anterior tiene un marco 12 rectangular. El marco 12 comprende una placa 14 frontal rígida y una placa 16 posterior rígida formada por metal. La placa 14 frontal y la placa 16 posterior están aseguradas liberablemente entre sí de un modo no permanente mediante un número de barras de unión o tornillos 18.

50 Un apilamiento de membranas no arrollado helicoidalmente (o apilamiento plano) que se puede preparar mediante el procedimiento de la presente invención se muestra esquemáticamente en la Fig. 2. El apilamiento comprende tres membranas 1 de intercambio aniónico planas y tres membranas 2 de intercambio catiónico planas, con cada membrana asegurada permanentemente a la siguiente junto con dos bordes opuestos por medio de las líneas 3 y 3' de adhesivo (tres en el frente, tres en la parte posterior y dos en cada lado) interpuestas entre ellas. Cada par de membranas 1 y 2 y las líneas 3 y 3' de adhesivo definen compartimentos. Las líneas 3 y 3' de adhesivo también definen la dirección en la que el líquido puede fluir a través de los compartimentos. Las flechas 4x y 4y ilustran la dirección en la que un líquido puede fluir a través de cada uno de los cinco compartimentos mostrados en la Fig. 2. Al alternar la posición de las líneas 3 / 3' de adhesivo de un par de membranas al siguiente, se establece una disposición de flujo cruzado en la que el líquido que pasa a través de los compartimentos de concentración alternos fluye en una dirección diferente al líquido que pasa a través de los compartimentos de dilución alternos. En la IEU rectangular ilustrada en la Fig. 2, la dirección de flujo a través de cada compartimento es perpendicular a la dirección de flujo a través del siguiente compartimento, creando una configuración de flujo cruzado.

60

La Fig. 3a a 3e ilustra realizaciones de la invención en las que una o ambas de las membranas de intercambio aniónico e intercambios catiónicos comprenden un perfil superficial texturizado. En las Fig. 3a a 3e, los compartimentos 5 se definen mediante una membrana 2 permeable a cationes y una membrana 1 permeable a aniones, aseguradas permanentemente entre sí a lo largo de dos bordes por medio del adhesivo 3 curado interpuesto entre ellas. En la Fig. 3a, la superficie interna de la membrana 2 de intercambio catiónico tiene un perfil superficial texturizado que comprende salientes 7a internos que pueden mantener la membrana 1 de intercambio aniónico y la membrana 2 de intercambio catiónico separadas sin la necesidad de incluir un espaciador (también llamado un elemento espaciador) separado en el compartimento. La Fig. 3b es similar a la Fig 3a excepto que las superficies tanto interna como externa de la membrana 2 de intercambio catiónico tienen un perfil superficial texturizado que comprende salientes 7a y 7b. En la realización de la Fig. 3b, los salientes 7a superficiales internos pueden mantener separadas la membrana 1 de intercambio aniónico y la membrana 2 de intercambio catiónico (manteniendo abierto el compartimento 5 ilustrado) y los salientes 7b superficiales externos pueden mantener separada la superficie externa del siguiente compartimento (no mostrado). En la Fig. 3c, la superficie interna de la membrana 2 de intercambio catiónico comprende salientes 7a y la superficie externa de la membrana 1 de intercambio aniónico comprende salientes 7b. En la Fig. 3d, las superficies internas tanto de la membrana 2 de intercambio catiónico como de la membrana 1 de intercambio aniónico comprenden salientes 7a, incrementando de ese modo la turbulencia de líquido a medida que pasa a través del compartimento 5. En la Fig. 3e, las superficies internas y las superficies externas tanto de la membrana 2 de intercambio catiónico como de la membrana 1 de intercambio aniónico comprenden salientes 7a y 7b, incrementando de ese modo la turbulencia de líquido a medida que pasa a través del compartimento 5 e incrementando la altura del compartimento.

En una realización preferida, una o más de las membranas de intercambio aniónico e intercambio catiónico comprenden un perfil superficial texturizado. De este modo, se puede preparar un apilamiento de membranas que comprende compartimentos que comprenden dos paredes internas y dos paredes externas en donde al menos una de las paredes internas (preferiblemente ambas paredes internas) y al menos una de las paredes externas (preferiblemente ambas paredes externas) comprenden un perfil superficial texturizado. Esta preferencia se ilustra en las Fig. 3b, 3c y 3e y tiene la ventaja sobre las realizaciones mostradas en las Fig. 3a y 3d (en las que las paredes externas del compartimento carecen de un perfil superficial texturizado) de que se pueden omitir espaciadores de los compartimentos tanto de concentración como de dilución, simplificando de ese modo la fabricación y reduciendo el coste de los apilamientos de membranas.

En una realización preferida, las membranas de intercambio catiónico y/o las membranas de intercambio aniónico tienen un perfil superficial texturizado que mantiene dichas membranas separadas y/o libres de tocarse entre sí. De este modo, se pueden omitir los elementos espaciadores que se proporcionan habitualmente en los compartimentos de concentración y dilución a fin de mantener las membranas separadas y asegurar que el líquido pueda fluir libremente a través de los compartimentos. Como resultado, se pueden preparar apilamientos de membranas que estén libres de elementos espaciadores, o tengan menos elementos espaciadores, reduciendo de ese modo el coste global de una IEU.

El uso de un perfil superficial texturizado para crear huecos a través de los cuales pueda pasar el líquido, en lugar de usar elementos espaciadores, y también tiene la ventaja de reducir el ensuciamiento, dando como resultado menos tiempo de inactividad y menos mantenimiento de la unidad.

Opcionalmente, sin embargo, el procedimiento comprende además la etapa de interponer un elemento espaciador entre las membranas de intercambio aniónico y las membranas de intercambio catiónico alternas. En esta realización, opcionalmente, el adhesivo también asegura el elemento espaciador junto con las membranas de intercambio aniónico y las membranas de intercambio catiónico.

Opcionalmente, el procedimiento comprende además la etapa de tratar las membranas de intercambio aniónico y/o las membranas de intercambio catiónico antes de la etapa (i) a fin de mejorar la adherencia entre las membranas y el adhesivo. Estos tratamientos incluyen tratamientos químicos (p. ej. mordentado o contacto con un promotor de la adherencia o una imprimación) y/o tratamientos físicos (p. ej. mediante tratamiento plasmático, en corona o a la llama) y combinaciones de estos métodos.

El adhesivo curable se puede interponer entre membranas de intercambio aniónico y membranas de intercambio catiónico alternas mediante cualquier técnica adecuada. Típicamente, el adhesivo curable se aplica a una membrana de intercambio aniónico o una membrana de intercambio catiónico y a continuación una membrana de intercambio catiónico o una membrana de intercambio aniónico cargada opuestamente se aplica al adhesivo curable.

Típicamente, el adhesivo se aplica al borde o el perímetro de la membrana de intercambio aniónico o la membrana de intercambio catiónico usando un aplicador de adhesivo, por ejemplo una pistola para encolar, que se puede hacer funcionar robóticamente si se desea.

Si se desea, se puede usar el grosor del adhesivo curable interpuesto entre las membranas para influir en la distancia/altura entre membranas del compartimento.

- 5 Como adhesivo curable, se puede usar un adhesivo no acuoso disponible comercialmente que tenga una dureza Shore A de menos de 70 y una elongación en la rotura de al menos 50%, cuando está curado. Típicamente, se interpondrá una línea de adhesivo curable entre cada par de membranas que se van a asegurar permanentemente entre sí. La línea de adhesivo curable puede ser recta y correr paralela al borde de las membranas, aunque opcionalmente puede tomar la forma de una línea ondulada de adhesivo curable. Incluso se puede aplicar el adhesivo como múltiples puntos o barras que se juntan entre sí para proporcionar líneas de adhesivo contiguas cuando las membranas se prensan conjuntamente. En una realización preferida, el adhesivo curado no es eléctricamente o iónicamente conductor.
- 10 Preferiblemente, el adhesivo curado proporciona una junta estanca entre las membranas.
- 15 Preferiblemente, el adhesivo curable está situado en el mismo borde de las membranas o a una distancia corta del borde (p. ej. dentro de 30% exterior de la anchura de la membrana, especialmente dentro del 25% exterior de la anchura de la membrana, especialmente dentro del 20% exterior de la anchura de la membrana).
- 20 Preferiblemente, el adhesivo es tal que cuando se cure proporcione un adhesivo curado blando. Esto tiene la ventaja de que si se rompe la adherencia entre el adhesivo curado y una membrana, el adhesivo curado todavía puede funcionar como un obturante al actuar como un precinto convencional entre las membranas. La blandura también es útil para ajustarse a variaciones dimensionales de la membrana, p. ej. debido a hinchamiento o fluctuaciones de la presión del flujo.
- 25 Preferiblemente, la textura del adhesivo curado se adapta a la textura de las membranas.
- 30 Así, preferiblemente, el adhesivo curado es blando. La blandura del adhesivo curado se expresa adecuadamente en unidades de dureza Shore A y se puede medir usando un durómetro según ISO 868. El adhesivo curado tiene una dureza Shore A de menos de 70, más preferiblemente menos de 65, y una dureza Shore A de al menos 10.
- 35 Preferiblemente, el adhesivo curado tiene un alto grado de elasticidad. El grado de elasticidad se puede expresar como la elongación en la rotura, también denominada resistencia a la tracción nominal, y se puede medir mediante una máquina para pruebas de tracción. Así, un adhesivo y las condiciones de curado se seleccionan de modo que la etapa (ii) dé como resultado un adhesivo curado que tenga una elongación en la rotura de al menos 50%, más preferiblemente al menos 100%.
- 40 La resistencia a la tracción y la elongación en la rotura de los adhesivos se miden mediante el método de ISO 37 (es decir sobre una muestra del adhesivo cuando se cura aislada).
- 45 La resistencia a la tracción del adhesivo curado a menudo no es crucial cuando el apilamiento de membranas se va a incorporar en una carcasa. Preferiblemente, el adhesivo curado tiene una resistencia a la tracción  $>0,4 \text{ N/mm}^2$ , más preferiblemente  $>0,5 \text{ N/mm}^2$ .
- 50 La viscosidad del adhesivo curable es preferiblemente suficientemente alta para que el adhesivo curable permanezca en la posición deseada entre las membranas durante la etapa (i) y (ii). Por otra parte, la viscosidad del adhesivo curable es preferiblemente suficientemente baja para que el adhesivo curable pueda fluir al interior y rellenar cualesquiera vacíos entre las membranas antes de que se cure en la etapa (ii), particularmente cuando las membranas están texturizadas. Teniendo en cuenta estos factores, el adhesivo curable tiene preferiblemente una viscosidad de 10 a 10.000 Pa.s, más preferiblemente de 20 a 1.000 Pa.s, cuando se mide a una velocidad de cizalladura de  $0,1 \text{ s}^{-1}$  a  $23^\circ\text{C}$ . La viscosidad se puede medir mediante un reómetro, p. ej. un medidor de la reología Physica MCR301 de Anton Paar GmbH.
- 55 Preferiblemente, el adhesivo curable es tixotrópico.
- 60 El adhesivo curable seleccionado para el procedimiento puede estar influido hasta algún punto por la composición de las membranas que se van a adherir entre sí y sus propiedades superficiales. Adhesivos adecuados incluyen adhesivos silicónicos, adhesivos de poliuretano de dos componentes y adhesivos de fusión en caliente, por mencionar unos pocos. Los adhesivos de fusión en caliente se pueden usar para membranas que son resistentes a altas temperaturas. Sin embargo, los adhesivos de fusión en caliente no se prefieren para membranas que no son resistentes a altas temperaturas debido a que se pueden refundir, haciendo que el apilamiento de membranas falle.
- 65 Generalmente, los adhesivos epoxídicos no se prefieren debido a que habitualmente dan como resultado adhesivos curados duros que tienen una baja elongación en la rotura.
- Preferiblemente, el adhesivo es un adhesivo silicónico. Esto se debe a que a menudo los adhesivos silicónicos son bandos cuando se curan y tienen una gran elongación en la rotura. Ejemplos de adhesivos silicónicos adecuados incluyen adhesivos silicónicos Ottocoll de Otto Chemie (p. ej. Ottocoll® S610 y S640, alcoxisiliconas de dos partes); obturantes silicónicos Sikasil® (p. ej. 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 silicónicos Sikaflex® y Sikabond® de Sika®; adhesivos silicónicos Mastersil® de Masterbond; obturante de adhesivo silicónico de Permatex.

5 Adhesivos adicionales incluyen adhesivos de poliuretano, p. ej. 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 70 y una elongación en la rotura de más de 50% es Duralco™ 4538N, preferiblemente con una relación de endurecedor/resina de al menos aproximadamente 2:1. Duralco™ 4538N se puede obtener de Cotronics Corp.

10 Opcionalmente, el adhesivo curable contiene componentes adicionales, por ejemplo material de refuerzo o cuentas. Los materiales de refuerzo y las cuentas son útiles para crear una distancia constante entre las membranas y pueden ayudar a crear compartimentos de altura uniforme.

15 El material de refuerzo puede ser, por ejemplo, una banda de cinta que puede ser no porosa o porosa y que soporta el adhesivo sobre ambas caras, p. ej. una cinta adhesiva de doble cara. Por ejemplo, en el presente procedimiento, se puede interponer una cinta que soporta adhesivo curable sobre ambas caras entre membranas de intercambio aniónico y membranas de intercambio catiónico alternas.

20 Como cinta, se puede usar, por ejemplo, una tela tejida o no tejida. Cuando la cinta es porosa, preferiblemente está saturada con el adhesivo curable.

Cintas adhesivas de doble cara están disponibles comercialmente e incluyen, por ejemplo, cinta VHB de 3M™.

25 Las cuentas opcionales pueden estar hechas de cualquier material adecuado, por ejemplo vidrio, sílice, poli(metacrilato de metilo) (PMMA), poli(metacrilato de metilo)-dimetacrilato de etileno reticulados, poliestireno y poliestireno-divinilbenceno reticulados. El tamaño de las cuentas se puede seleccionar dependiendo de la distancia entre membranas deseada. La cantidad óptima de cuentas espaciadoras es de 0,5% en peso y 50% en peso, con relación al peso del adhesivo.

30 Preferiblemente, se elige un adhesivo curable que dé como resultado una unión fuerte entre las membranas, aunque el apilamiento de membranas esté en uso. Durante el uso, el apilamiento puede estar expuesto a una variedad de líquidos (p. ej. agua dulce, agua salobre, agua marina, salmuera, etc.), temperaturas elevadas, pH bajo o alto, etc.

35 El adhesivo curable se puede curar mediante cualquier procedimiento adecuado, por ejemplo mediante calentamiento, irradiación, alta humedad, evaporación, envejecimiento, polimerización y/o contacto con un agente de curado o endurecedor. Además, se puede usar una combinación de métodos. La etapa (ii) da como resultado un adhesivo curado que asegura conjuntamente las membranas de intercambio aniónico e intercambio catiónico.

40 Típicamente, el procedimiento seleccionado para curar el adhesivo curable se elegirá para ajustarse al adhesivo particular usado en el procedimiento.

Típicamente, los medios seleccionados para curar el adhesivo dependerán del tipo de adhesivo usado.

45 Preferiblemente, la etapa (ii) se realiza a una temperatura de 10 a 100°C, más preferiblemente de 18 a 80°C.

50 Aunque sin querer limitarse por ninguna teoría particular, se cree que al usar un adhesivo que, cuando se cura, tiene una dureza Shore A de menos de 70 y una elongación en la rotura de al menos 50%, el apilamiento de membranas resultante es más capaz de hacer frente a los estreses y las tensiones provocados por el hinchamiento de las membranas del apilamiento durante el uso. La blandura del adhesivo curado permite que se expanda en algún punto cuando membranas catiónicas y aniónicas adyacentes se hinchan en extensiones diferentes. Esto puede estar en contraste con el uso de adhesivos duros en los que el contacto posterior de las membranas con líquidos puede hacer que las membranas se hinchen en diferentes niveles y a continuación se distorsionen unas con respecto a otras, creando grandes estreses y tensiones sobre la unión adhesiva inflexible que se puede romper y provocar una fuga entre membranas durante el uso.

55 En una realización, las membranas se hinchan preferiblemente con un líquido con el que las membranas entran en contacto cuando se usa el apilamiento de membranas. Típicamente, las membranas se hinchan con agua (p. ej. vapor de agua) o se hinchan con un líquido acuoso, p. ej. una solución salina (p. ej. salmuera, agua marina o agua salobre).

60 A fin de asegurar que las membranas estén en un estado hinchado cuando se realiza la etapa (ii) (si se desea un estado hinchado), el procedimiento puede usar membranas de intercambio aniónico y membranas de intercambio catiónico que estén húmedas. Alternativamente, el procedimiento comprende opcionalmente además la etapa de hinchar las membranas de intercambio aniónico y las membranas de intercambio catiónico antes de y/o durante la realización de la etapa (ii). De este modo, se puede asegurar que las membranas usadas en la etapa (ii) estén en el estado hinchado.

65

## ES 2 792 996 T3

Se pueden hinchar las membranas mediante cualquier procedimiento adecuado. Por ejemplo, se puede aplicar un líquido (p. ej., agua o una solución acuosa) a las membranas, opcionalmente eliminando por frotamiento el líquido en exceso de las membranas antes de que el adhesivo curable se interponga entre las membranas (p. ej., al aplicar el adhesivo curable a una de las membranas y a continuación aplicar una membrana cargada opuestamente a la membrana que soporta el adhesivo curable). Alternativamente, se pueden hinchar las membranas al exponerlas a una atmósfera de alta humedad o a soluciones salinas, p. ej., de modo que las membranas se hinchen hasta un punto igual o similar al hinchamiento que se produce cuando las membranas se usan en apilamientos.

Preferiblemente, cuando se realiza la etapa (ii), las membranas están en un estado hinchado que es sustancialmente el mismo que el estado hinchado en el que estarán las membranas cuando se use el apilamiento. Por ejemplo, cuando se realiza la etapa (ii), el nivel hasta el que se hincha la membrana está preferiblemente dentro de +/- 2%, más preferiblemente dentro de +/- 1%, del nivel de hinchamiento cuando la membrana está en uso.

El nivel hasta el que se hincha la membrana ("ES") se puede determinar al realizar el cálculo mostrado en la Fórmula (1) posterior:

$$ES = [(L_{\text{hinchada}} - L_{\text{seca}})/L_{\text{seca}}] \times 100\%$$

Fórmula (1)

en la que:

$L_{\text{seca}}$  es la anchura de la membrana bajo condiciones ambientales (p. ej. 25°C y humedad relativa 30%); y

$L_{\text{hinchada}}$  es la anchura de la membrana después de que se haya hinchado.

La dirección de la anchura es la dirección (X o Y) en la que la membrana muestra el mayor hinchamiento.

Cuando la membrana comprende un soporte (p. ej., la membrana es una membrana compuesta) el ES puede estar influido por las propiedades del soporte.

Preferiblemente, el valor promedio de ES está dentro de 2% del punto máximo de hinchamiento de la membrana durante el uso, es decir cuando está embebida en una solución salina acuosa que tiene una concentración representativa para la concentración que experimentará la membrana durante el uso. Por ejemplo, si el ES de una membrana cuando se usa en un apilamiento es 4%, el ES para la misma membrana cuando se usa en la etapa (i) y/o (ii) del presente procedimiento es preferiblemente de 2% a 6%.

En una realización, la etapa (ii) se realiza a una humedad relativa de más de 60%, preferiblemente más de 70%, especialmente más de 80%, más especialmente más de 90%. La humedad relativa óptima depende de las propiedades de la membrana y de la aplicación en la que se usará la membrana. De hecho, la etapa (ii) incluso se puede realizar a una humedad relativa de hasta 100%. Sin embargo, el humedecimiento completo se prefiere menos debido a que en algunos casos es más difícil conseguir una buena adherencia a superficies de membrana húmedas. Por lo tanto, se prefiere que la etapa (ii) se realice a una humedad relativa de menos de 100%.

Cuando se realiza la etapa (ii) a una humedad relativa de más de 60%, típicamente se dejará el tiempo para que la membrana se hinche antes de curar el adhesivo.

Las condiciones que se pueden usar para convertir las membranas de intercambio aniónico y las membranas de intercambio catiónico al estado hinchado pueden ser iguales o diferentes, debido a que el nivel hasta el que se hinchan las membranas de intercambio aniónico y las membranas de intercambio catiónico cuando se usan en apilamientos de membranas habitualmente es muy diferente.

Así, el procedimiento que comprende opcionalmente la etapa de hinchamiento de las membranas de intercambio aniónico e hinchamiento de las membranas de intercambio catiónico, en donde los métodos usados para hinchar las membranas de intercambio aniónico son idénticos o no son idénticos a las condiciones usadas para hinchar las membranas de intercambio catiónico. Por ejemplo, se pueden hinchar las membranas de intercambio catiónico a una humedad relativa ("RH") superior que la RH usada para hinchar las membranas de intercambio aniónico, p. ej. una RH al menos 10% superior. Para facilitar el procesamiento, se pueden elegir condiciones idénticas.

También se pueden hinchar las membranas de intercambio aniónico y las membranas de intercambio catiónico usando agua y una solución salina, p. ej., una de las membranas se hincha usando agua o una solución salina y la otra se hincha usando una solución salina que tiene una concentración salina superior (p. ej., más fuerte en al menos 0,5 mol/litro, preferiblemente al menos 1,0 mol/litro).

Las membranas usadas en la etapa (i) pueden estar en un estado hinchado o no estar en un estado hinchado cuando entran en contacto en primer lugar con el adhesivo curable. Por ejemplo, las membranas usadas en la etapa (i) pueden

5 estar en un estado hinchado (p. ej., parcialmente o totalmente hinchado) cuando entran en contacto en primer lugar con el adhesivo curable. Alternativamente, las membranas usadas en la etapa (i) pueden no estar hinchadas (p. ej., secas) cuando entran en contacto en primer lugar con el adhesivo curable y a continuación las membranas se hinchan después de que hayan entrado en contacto con el adhesivo curable y antes o durante la etapa (ii) de curado. Así, el presente procedimiento comprende opcionalmente la etapa de hinchamiento de las membranas de intercambio aniónico y las membranas de intercambio catiónico alternas entre la etapa (i) y la etapa (ii) o durante la etapa (ii).

10 El presente procedimiento comprende opcionalmente la etapa (iii) de almacenamiento del apilamiento de membranas bajo condiciones que previenen el resecado del apilamiento de membranas. Así, opcionalmente, se puede almacenar el apilamiento de membranas en un recipiente estanco que previene el resecado del apilamiento de membranas. De este modo, se pueden evitar estreses y tensiones sobre el adhesivo curado que surgen del resecado de las membranas desde el estado hinchado hasta un estado no hinchado seco y de ese modo reducir la probabilidad de que el apilamiento de membranas se rompa debido a un fallo del adhesivo curado. Preferiblemente, las membranas de intercambio aniónico y catiónico son sustancialmente no porosas, p. ej., comprenden poros que tienen un diámetro promedio de menos de 1 nm.

15 Opcionalmente, las membranas tienen un perfil superficial texturizado y de hecho se prefiere la presencia de un perfil superficial texturizado debido a que el perfil superficial texturizado se puede usar para ayudar a mantener las membranas separadas cuando estén en el apilamiento, manteniendo los compartimentos abiertos y dejando que el líquido pase libremente a través de los compartimentos. Por otra parte, se puede usar el perfil superficial texturizado en lugar de incluir elementos espaciadores en el apilamiento, simplificando de ese modo la producción de los apilamientos y reduciendo su coste.

20 El procedimiento de la presente invención es particularmente ventajoso para preparar apilamientos de membranas que comprenden una o más membranas que tienen un perfil superficial texturizado. Típicamente, los apilamientos de la configuración de placas y marco se basan en fuerzas de compresión para prevenir la fuga entre membranas. Sin embargo, cuando una o más de las membranas tiene un perfil superficial texturizado, puede ser difícil obtener una junta impermeable debido a que los huecos provocados por la textura pueden dar lugar a fugas entre las membranas. Sin embargo, la etapa (i) del presente procedimiento se puede usar para rellenar cualesquiera huecos entre las membranas provocados por la textura superficial, reduciendo de ese modo las posibilidades de fuga entre membranas. Aunque sería posible preparar apilamientos de membranas con configuración de placas y marco usando membranas que tuvieran un perfil superficial texturizado en su centro y sin perfil en su periferia, a fin de prevenir la fuga provocada por el perfil superficial texturizado periférico, esto es más complicado, más costoso y mucho menos accesible para la producción en masa que la producción de láminas continuas de membrana que tengan un perfil superficial texturizado uniforme en toda su longitud.

25 La textura del perfil superficial opcionalmente texturizado comprende preferiblemente salientes. El patrón de los salientes se puede variar ampliamente y puede ser irregular, aunque preferiblemente son regulares a fin de crear una membrana texturizada que tenga propiedades de infiltración uniformes a través de al menos 90% de la parte de su superficie que está o estará en contacto con líquido cuando el apilamiento se esté usando (excluyendo así la parte de la superficie que está adherida a otra membrana). Ejemplos de salientes y hendiduras adecuados incluyen conos circulares, pirámides multiangulares (p. ej., piramidal triangular, piramidal cuadrada y piramidal hexagonal), hemisferios, mesetas (p. ej. mesetas cuadradas, triangulares y circulares), cúpulas, conos circulares truncados, pirámides truncadas, diamantes, crestas cortas y combinaciones de dos o más de los mismos.

30 La distancia promedio entre la membrana de intercambio aniónico y la membrana de intercambio catiónico se conoce como la "altura del compartimento", la "distancia entre membranas" o "IMD". Preferiblemente, la IMD es como mucho 1 mm, más preferiblemente como mucho 0,5 mm. La IMD se puede determinar al medir el grosor total (promedio) de la celda en los bordes (asegurados) y sustraer el grosor de las membranas excluyendo los salientes, medido como una capa individual, dividido por el número de compartimentos. Preferiblemente, la IMD se determina en los bordes que están asegurados entre sí.

35 Preferiblemente, el perfil superficial texturizado comprende salientes, al menos 80% (preferiblemente 100%) de los cuales tienen una dimensión máxima en todas las direcciones (longitud, anchura y altura) de menos de 20 mm.

40 Preferiblemente, el perfil superficial texturizado 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.

45 Preferiblemente, el perfil superficial texturizado comprende salientes que están separados entre sí por una distancia promedio de al menos 0,1 mm, más preferiblemente al menos 0,5 mm, p. ej. por 1, 2, 4, 8, 12 o 20 mm cuando se mide en la base del saliente.

50 En una realización, el apilamiento de membranas tiene preferiblemente un perfil transversal rectangular a lo largo de dos de los ejes x, y y z y el perfil transversal de un polígono de n lados a lo largo del tercer eje, en donde n es un número entero par que tiene un valor de al menos 4, p. ej., 4, 6, 8, 10 o 12. Por ejemplo, el apilamiento de membranas puede tener un perfil transversal rectangular a lo largo de los ejes x e y y un perfil transversal hexagonal a lo largo del



eje z. Preferiblemente, el apilamiento de membranas tiene perfiles transversales rectangulares a lo largo de los tres ejes x, y y z, p. ej., cada uno de dichos perfiles transversales es independientemente cuadrado u oblongo.

5 Típicamente, las membranas de intercambio aniónico y las membranas de intercambio catiónico tienen sustancialmente el mismo tamaño y conformación. Así, las membranas de intercambio aniónico y las membranas de intercambio catiónico pueden estar superpuestas, una sobre la otra, para dar un apilamiento con conformación de caja.

10 Cuando las membranas son rectangulares, la relación de longitudes del lado más largo al lado más corto de las membranas rectangulares es preferiblemente  $<6:1$ , más preferiblemente  $<4:1$ , p. ej.  $<2:1$  o aproximadamente  $1:1$ .

15 Preferiblemente, el apilamiento comprende más de un compartimento de concentración y más de un compartimento de dilución, más preferiblemente al menos 20, especialmente de 30 a 1000 compartimentos de concentración y al menos 20, especialmente de 30 a 1000 compartimentos de dilución.

Preferiblemente, el apilamiento de membranas es un apilamiento de membranas de flujo cruzado.

20 Preferiblemente, los apilamientos de membranas de la presente invención son planos, es decir no están arrollados helicoidalmente.

Según una segunda característica de la presente invención, se proporciona un apilamiento de membranas obtenido por el procedimiento según el primer aspecto de la presente invención.

25 Según una tercera característica de la presente invención, se proporciona una unidad de intercambio iónico (IEU) que comprende un ánodo, un cátodo y un apilamiento de membranas según el segundo aspecto de la presente invención.

Opcionalmente, la IEU comprende más de un apilamiento de membranas según la presente invención, comprendiendo preferiblemente cada apilamiento un ánodo y un cátodo.

30 Preferiblemente, la IEU de la tercera característica de la presente invención tiene una configuración de placas y marco.

35 Membranas de intercambio aniónico y membranas de intercambio catiónico que tienen un perfil superficial texturizado en una o ambas superficies se pueden preparar a partir de membranas que carecen de un perfil superficial texturizado mediante uno cualquiera de un número de métodos. Por ejemplo, el perfil superficial texturizado se puede aplicar a una membrana que carece de un perfil superficial texturizado mediante el llamado principio de rodillo a rodillo (abollonado) en una cadena de fabricación simple de un modo eficaz y económico.

40 En un método alternativo, una membrana que tiene un perfil superficial texturizado sobre una o ambas superficies se puede producir al realizar un procedimiento de extrusión, realizando además opcionalmente el susodicho procedimiento de abollonado. En un método adicional, se pueden obtener membranas que tienen un perfil superficial texturizado al, por ejemplo, colar membranas sobre superficies texturizadas.

45 Alternativamente, se puede aplicar un perfil superficial texturizado a una membrana que carece de este perfil superficial mediante un procedimiento que comprende serigrafía giratoria, serigrafía en lecho plano, huecograbado, revestimiento con boquilla plana, impresión con dosificador, etc. Se entenderá que el método de revestimiento usado depende entre otras cosas del material de revestimiento usado.

50 Los apilamientos de membranas según el segundo aspecto de la presente invención se pueden proporcionar como unidades modulares que se pueden incluir en una IEU en cualquier número. Así, un aspecto de la presente invención proporciona una IEU que comprende una pluralidad de unidades modulares, comprendiendo cada unidad modular un apilamiento según el segundo aspecto de la presente invención. La IEU se puede montar, desmontar, aumentar y reemplazar de forma relativamente fácil al reemplazar o añadir las unidades modulares según sea necesario.

55 Opcionalmente, cada una de las unidades modulares tiene un cátodo y un ánodo. En el caso de una unidad de ED, las unidades modulares comprenden además preferiblemente un medio para aplicar un voltaje eléctrico entre el ánodo y el cátodo.

60 La IEU que comprende una pluralidad de unidades modulares comprende además opcionalmente un medio para hacer pasar el líquido que ha pasado a través de un módulo a un módulo adicional de la unidad, por ejemplo una o más tuberías.

Las unidades modulares pueden estar conectadas entre sí en serie o en paralelo.

65 Preferiblemente, la IEU comprende un medio de aseguramiento para permitir la fijación de las unidades modulares a la IEU y la liberación fácil de las unidades modulares de la IEU.

En una realización preferida, los apilamientos comprenden una carcasa compacta rígida.

Según un cuarto aspecto de la presente invención, se proporciona un apilamiento o un módulo según la presente invención y un envase para la protección del apilamiento o un módulo durante el transporte, en donde el apilamiento o un módulo está situado dentro del envase. Preferiblemente, el envase es resistente al agua. Esto previene que el apilamiento de membranas se reseque y las membranas vuelvan al estado no hinchado durante el almacenamiento y/o el transporte.

El envase puede ser cualquier envase adecuado para el transporte del apilamiento o un módulo a través de un servicio postal, de mensajería u otro de distribución. Típicamente, el envase es hermético, por ejemplo el envase puede comprender una bolsa de plástico o un bote sellado que contiene el apilamiento o un módulo.

Aunque los apilamientos de la presente invención están destinados principalmente para el uso en RED o ED, también se pueden usar para otros propósitos que requieran apilamientos que comprenden membranas catiónicas y aniónicas, p. ej. electrodesionización continua (CEDI), desionización capacitiva usada, p. ej., en capacitores de flujo pasante (FTC), diálisis de Donnan o difusión (DD) para, p. ej., la retirada de fluoruro o la recuperación de ácidos, pervaporación para la deshidratación de disolventes orgánicos, electrolisis (EL) de agua o para producción cloroalcalina. Todas las precedentes son IEUs.

Según un quinto aspecto de la presente invención, se proporciona una unidad de ED, una unidad de RED, un módulo de electrodesionización o un aparato de diálisis de difusión, que comprende uno o más apilamientos de membranas según el segundo aspecto de la presente invención. Preferiblemente, el módulo de electrodesionización es un módulo de electrodesionización continua.

Cuando la IEU está destinada para el uso en electrodiálisis inversa, la IEU comprende preferiblemente una entrada para proporcionar un flujo de agua salina a través del compartimento de dilución y una entrada para proporcionar un flujo de agua que tiene un contenido de soluto inferior a través del compartimento de concentración.

Las preferencias para el tercer, cuarto y quinto aspecto de la invención (p. ej. las membranas, las selladuras, el perfil superficial, etc. preferidos) son como se describe anteriormente en la presente en relación con los aspectos previos de la presente invención.

### Ejemplos 1 a 7 y Ejemplos Comparativos

Abreviaturas:

AMPS es Ácido 2-acrililamido-2-metilpropanosulfónico de Hang-Zhou (China).

DMAPAA-Q es una solución al 75% en peso de cloruro de N,N-dimetilaminometilo cuaternario en agua de Kohjin (Japón).

MBA es N,N'-metilbisacrilamida de Sigma Aldrich.

MeHQ es éter monometílico de hidroquinona, un inhibidor de la polimerización de Merck.

IPA es 2-propanol de Shell (un disolvente inerte).

Darocur™ 1173 es un fotoiniciador de BASF.

LiNO<sub>3</sub> es nitrato de litio.

LiOH.H<sub>2</sub>O es monohidrato de hidróxido de litio.

Sikasil™ SG500, WS-606 S y AS-787 SL, Sikaflex™ 228 y 290i DC y Sikabond™ TF plus N son adhesivos de SIKA AG, Suiza

Ottocoll™ S610 es un adhesivo de Otto Chemie, Alemania.

Araldite™ 2022 es un sistema adhesivo de metacrilato endurecido de dos componentes de Huntsman

La resistencia a la tracción y la elongación en la rotura de los adhesivos usados para los ejemplos 1 a 7 fueron proporcionadas por el proveedor y se midieron mediante el método de ISO 37.

La dureza Shore A de los adhesivos usados para los ejemplos 1 a 7 era el valor proporcionado por el proveedor, medida según ISO 868.

La resistencia a la tracción y la elongación en la rotura para el adhesivo usado para el ejemplo C1 fueron proporcionadas por el proveedor y se midieron según ISO 178.

- 5 La dureza del adhesivo usado para el ejemplo C1 que es proporcionada por el proveedor es D75 (dureza Shore D según ISO 868), que corresponde a un valor >100 en la escala Shore A.

La calidad de la adherencia se comprobó mediante inspección manual y se puntuó como sigue:

- significa adherencia insuficiente, las membranas no se adhieren entre sí.
- 10 + significa adherencia suficiente, sin embargo, las membranas se podían separar al aplicar fuerza.
- ++ significa adherencia excelente, las membranas no se podían separar sin dañarlas.

Fase A: Preparación de Membranas de Intercambio Catiónico (CEMs) y Membranas de Intercambio Aniónico (AEMs)

15 Las composiciones descritas en la Tabla 1 se aplicaron a mano cada una (separadamente) a un portador subterráneo de aluminio, usando una barra de alambre arrollado de 120 µm, a una velocidad de aproximadamente 5 m/min. Se aplicaron a las composiciones soportes no tejidos (Novatexx™ 2223-10 de Freudenberg Filtration Technologies). Los soportes no tejidos se embebieron completamente con las composiciones. Posteriormente, las composiciones se nivelaron usando un revestidor de rodillo de alambre arrollado de 4 micrómetros. La temperatura de las composiciones era aproximadamente 50°C.

20 La CEM y la AEM se prepararon al curar las composiciones embebidas en los materiales no tejidos usando un Light Hammer LH6 de Fusion UV Systems equipado con una bombilla D que funciona al 100% de intensidad con una velocidad de 30 m/min (paso único). El tiempo de exposición era 0,47 segundos. Las membranas AEM y CEM resultantes se almacenaron en seco.

25 Tabla 1

Componente	Composición usada para Elaborar una CEM (% en peso)	Composición usada para Elaborar una AEM (% en peso)
AMPS	49,05	0
DMAPAA-Q	0	53,15
MBA	11,6	9,9
Agua	20	7,0
IPA	8,0	8,4
Darocur™ 1173	0,5	0,5
LiOH.H <sub>2</sub> O	9,8	0
LiNO <sub>3</sub>	0	20,0
MEHQ	0,05	0,05
Tensioactivo	1,0	1,0

Efecto de la Concentración de Sal sobre el Hinchamiento

30 La Tabla 2 muestra el comportamiento de hinchamiento de las AEM y CEM anteriores en agua y en soluciones de NaCl. El nivel de hinchamiento ("ES") se calculó usando la Fórmula (1) descrita anteriormente.

Tabla 2 - Efecto de la Concentración de Sal sobre el Hinchamiento

Condiciones	CEM	AEM
	ES	
Embebida en agua pura durante 12 horas a 25°C	6,5%	3,4%
Embebida en NaCl 0,5 M durante 12 horas a 25°C	5,8%	3,3%
Embebida en NaCl 4,0 M durante 12 horas a 25°C	4,6%	2,0%

5 La Tabla 2 muestra que el ES está influido por la concentración de sal de líquidos que entran en contacto con las membranas durante la utilización. El ES disminuía a medida que se incrementaba la concentración de sal. El ES también difería significativamente entre los dos tipos de membranas.

#### Efecto de la Humedad sobre el Hinchamiento

10 La Tabla 3 muestra el comportamiento de hinchamiento de las AEM y CEM descritas en la Fase A anterior a diversos valores de humedad. El ES se calculó usando la Fórmula (1) descrita anteriormente.

Tabla 3 - Efecto de la Humedad sobre el Hinchamiento

Condición	CEM	AEM
	ES	
60% de RH durante 12 horas a 25°C	1,4%	2,8%
80% de RH durante 12 horas a 25°C	2,8%	3,5%
95% de RH durante 12 horas a 25°C	4,8%	-
99% de RH durante 12 horas a 25°C	6,6%	-

15 Según se muestra en la Tabla 3 anteriormente, el nivel de hinchamiento se incrementaba a medida que se incrementaba la humedad relativa. El nivel de hinchamiento difería significativamente entre los dos tipos de membranas.

#### Fase B: Preparación de un Apilamiento de Membranas

20 Se aplicó un tratamiento en corona suave a las superficies de las membranas CEM y AEM descritas en la Fase A. Las membranas resultantes se hincharon al exponerlas durante 12 horas a una atmósfera que tenía un 98% de humedad relativa a 25°C. El nivel de hinchamiento ("ES") era 3,5% para la AEM y 6,5% para las membranas CEM. En una segunda serie de experimentos, las membranas AEM y CEM se equilibraron en agua pura durante 2 horas a 25°C. El ES era 3,4% para las AEM y 6,5% para las membranas CEM. Las membranas hinchadas resultantes se cortaron hasta un tamaño de 16 x 16 cm. A continuación, se prepararon apilamientos de membranas de flujo cruzado como sigue:

#### Etapa (i)

25 Se interpuso adhesivo curable entre cuadrados de 16 x 16 cm alternos de membranas de intercambio catiónico y membranas de intercambio aniónico hinchadas al 98% de RH a 25°C según se describe anteriormente como sigue. Se aplicó adhesivo (anchura aproximadamente 10 mm) a bordes opuestos de un cuadrado de la membrana de intercambio aniónico. Se colocó un espaciador de PES (0,300 mm de grosor) sobre la membrana y a continuación se aplicó un cuadrado de membrana de intercambio catiónico al cuadrado de las membranas de intercambio aniónico que soportan el adhesivo y espaciador. Se aplicó adhesivo curable adicional (anchura aproximadamente 10 mm) a bordes opuestos del cuadrado de membrana de intercambio catiónico, a lo largo de bordes perpendiculares a los bordes encolados en la capa precedente. Se aplicaron un espaciador de PES adicional (0,300 mm de grosor) y una membrana de intercambio aniónico al cuadrado de membrana de intercambio catiónico que soporta el adhesivo curable y el espaciador. Este procedimiento se repitió para construir un estratificado que comprende 5 membranas y cuatro espaciadores.

30

35

Etapa (ii) – Curado del Adhesivo

Se puso una pesa de 1 kg sobre el estratificado obtenido en la etapa (i) y el adhesivo curable se curó al envejecer durante 24 horas a 25°C y una humedad relativa de 90%. La humedad servía para curar el adhesivo. Después del curado, los bordes se cortaron para obtener un apilamiento del tamaño deseado.

5 Resultados de la Prueba

Los resultados de la prueba sobre apilamientos de membranas preparados como se describe en la Fase B anteriormente para diversos adhesivos curables se muestran en la Tabla 4 posteriormente:

Tabla 4

10

Ejemplo	Adhesivo curable	Dureza Shore A	Elongación en la rotura (%)	Resistencia a la tracción (N/mm <sup>2</sup> )	Calidad de la Adherencia	Fuga del Apilamiento
1	Sikasil™ SG500	45	300	2,2	++	+
2	Sikaflex™ 228	35	400	1,0	+	+
3	Sikasil™ WS-605 S	20	800	1,0	+	+
4	Ottocoll™ S610	45	325	2,5	++	+
5	Sikaflex™ 290i DC	40	700	3,5	++	+
6	Sikasil™ AS-787 SL	30	130	1,0	+	+
7	Sikabond™ TF plus N	25	600	1,5	++	+
C1	Araldite™ 2022	>100*	2-7**	43	+	-

\* Valor de Shore D de 75

\*\* medida según ISO 178.

Fase C: Preparación de IEUs (Unidades de RED)

15 Se prepararon ocho unidades de RED, comprendiendo cada una apilamientos exclusivamente de uno de los Ejemplos 1 a 7 y C1 anteriores. Cada unidad de RED era de la configuración de placas y marco y comprendía (a) placas extremas; (b) una cámara de electrolito que incluye un ánodo sobre la placa del extremo inferior; (c) el apilamiento de membranas pertinente sobre la cámara de electrolito; (d) placas laterales con colectores; (e) una segunda cámara de electrolito que incluye un cátodo en la placa extrema superior; (f) una entrada; y (g) una salida. Las placas extremas se atornillaron entre sí con las cámaras de electrolito y los apilamientos entre ellas usando un momento de torsión de 1 Nm.

20

Las unidades de RED obtenidas a partir de los apilamientos descritos en los Ejemplos 1 a 7 se comportaban bien dando resultados de densidad de potencia entre 0,63 y 0,72 W/m<sup>2</sup>, y no tenían fugas incluso después de ser usadas 3 veces durante 5 horas cada vez. En contraste, la unidad de RED obtenida a partir de los apilamientos descritos en el Ejemplo C1 empezaba a tener fugas en la primera prueba después de aproximadamente 1 hora.

25

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para preparar un apilamiento de membranas que comprende las etapas de:
  - (i) interponer un adhesivo curable entre membranas de intercambio aniónico y membranas de intercambio catiónico alternas; y
  - 5 (ii) curar el adhesivo;

en donde el apilamiento de membranas comprende compartimentos de dilución y compartimentos de concentración alternos, comprendiendo capa compartimento una membrana de intercambio catiónico como pared membranosa permeable a cationes y una membrana de intercambio aniónico como pared membranosa permeable a aniones y el adhesivo curado como junta estanca entre las membranas;

10 caracterizado por que dicho adhesivo, cuando está curado, tiene una dureza Shore A de menos de 70 y al menos 10 según se mide de acuerdo con ISO 868 y una elongación en la rotura de al menos 50% según se mide mediante el método de ISO 37.
- 15 2. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho adhesivo, cuando está curado, tiene una dureza Shore A de menos de 65 y/o una elongación en la rotura de al menos 100%.
3. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichas membranas están en un estado hinchado cuando se realiza la etapa (ii).
- 20 4. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el adhesivo curable se interpone entre las membranas de intercambio aniónico y las membranas de intercambio catiónico alternas mediante un procedimiento que comprende aplicar el adhesivo curable a una membrana de intercambio aniónico o membrana de intercambio catiónico y a continuación aplicar al adhesivo curable una membrana de intercambio catiónico o membrana de intercambio aniónico cargada opuestamente.
- 25 5. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que membranas de intercambio aniónico e intercambio catiónico se disponen de modo que el apilamiento comprenda compartimentos de dilución y compartimentos de concentración alternos, al menos dos bordes de cada compartimento se aseguran permanentemente entre sí al curar el adhesivo curable de modo que los bordes asegurados entre sí definan la dirección en la que el líquido puede fluir a través de los compartimentos.
- 30 6. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que una o más de las membranas de intercambio aniónico y las membranas de intercambio catiónico comprende un perfil superficial texturizado.
- 35 7. Un procedimiento según la reivindicación 6, en el que el perfil superficial texturizado comprende salientes al menos 80% de los cuales tienen una dimensión máxima en todas las direcciones de menos de 20 mm.
8. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además la etapa de tratar las membranas de intercambio aniónico y/o las membranas de intercambio catiónico antes de la etapa (i) a fin de potenciar la adherencia entre las membranas y el adhesivo.
- 40 9. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el apilamiento es un apilamiento de membranas de flujo cruzado.
- 45 10. Un procedimiento según la reivindicación 9, en el que el líquido que pasa a través de los compartimentos de concentración alternos fluye en una dirección diferente al líquido que pasa a través de los compartimentos de dilución alternos.
- 50 11. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 9 o 10, en el que la dirección de flujo a través de cada compartimento es perpendicular a la dirección de flujo a través del siguiente compartimento.
12. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el adhesivo curable tiene una viscosidad de 10 a 10000 Pa.s, cuando se mide a una velocidad de cizalladura de  $0,1 \text{ s}^{-1}$  a  $23^\circ\text{C}$ .
- 55 13. Un apilamiento de membranas obtenible u obtenido mediante el procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
14. Una unidad de intercambio iónico que comprende un apilamiento de membranas según la reivindicación 13.
- 60 15. Una unidad de electrodiálisis, una unidad de electrodiálisis inversa, un módulo de electrodesionización o un aparato de diálisis por difusión, que comprende uno o más apilamientos de membranas según la reivindicación 13.

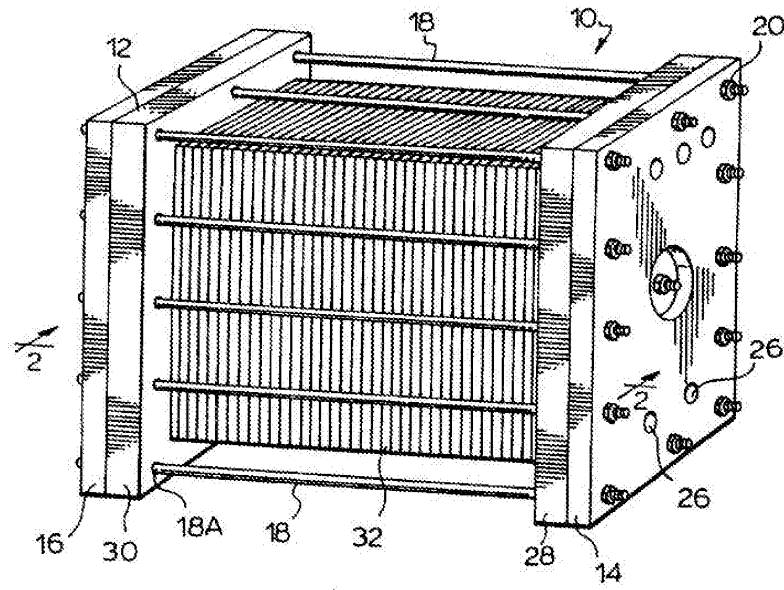


Fig. 1

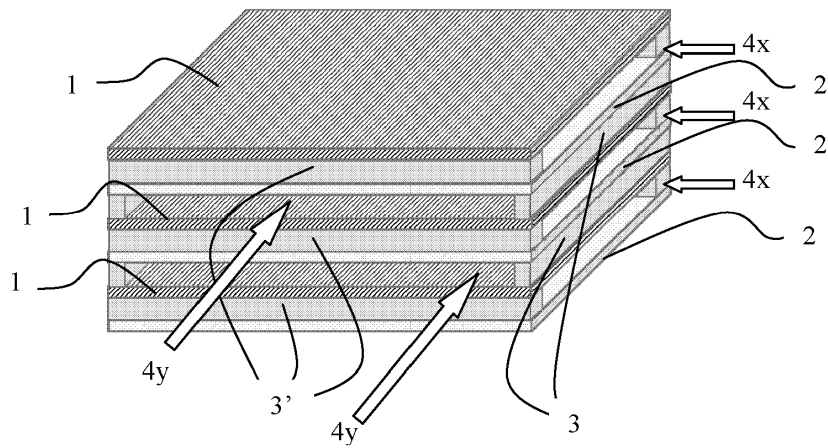


Fig. 2

