

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 621 314**

51 Int. Cl.:

C08J 5/22 (2006.01)
C08F 212/14 (2006.01)
C08F 212/34 (2006.01)
C08F 220/20 (2006.01)
C08F 220/34 (2006.01)
C08F 220/54 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.08.2014 PCT/JP2014/072472**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **05.03.2015 WO15030070**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.08.2014 E 14839241 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.03.2017 EP 3040365**

54 Título: **Película de intercambio iónico, composición de formación de película de intercambio iónico y método de producción de película de intercambio iónico**

30 Prioridad:

30.08.2013 JP 2013179801

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

03.07.2017

73 Titular/es:

**FUJIFILM CORPORATION (100.0%)
26-30, Nishiazabu 2-chome Minato-ku
Tokyo 106-8620, JP**

72 Inventor/es:

**SANO, SATOSHI;
KODAMA, KEISUKE y
INOUE, KAZUOMI**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 621 314 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

Película de intercambio iónico, composición de formación de película de intercambio iónico y método de producción de película de intercambio iónico

5

Antecedentes de la invención**1. Campo de la invención**

10 La invención se refiere a una película de intercambio iónico, a una composición de formación de una película de intercambio iónico y a un método de producción de una película de intercambio iónico.

2. Descripción de la técnica relacionada

15 La película de intercambio iónico se usa en electrodesionización (EDI), electrodesionización continua (CEDI), electrodiálisis (ED), inversión de electrodiálisis (EDR), electrodiálisis inversa (RED) y similares.

20 La electrodesionización (EDI) es un proceso de tratamiento de agua para eliminar iones de líquidos acuosos usando una película de intercambio de iones y un potencial eléctrico para lograr el transporte de iones. La EDI difiere de otras tecnologías de purificación de agua, tales como el intercambio de iones convencional, en que no requiere el uso de productos químicos tales como ácidos o soda cáustica, y se puede usar para producir agua ultrapura. La electrodiálisis (ED) y la inversión de electrodiálisis (EDR) son procesos de separación electroquímica para eliminar iones y similares del agua y de otros fluidos.

25 La película de intercambio iónico se ha investigado de diversas maneras, y se sugiere, por ejemplo, una película intercambiadora de aniones usando un copolímero de estireno-divinilbenceno como polímero de reticulación para mejorar la resistencia al calor, la estabilidad química y la capacidad de intercambio (véase el documento JP2000-212306A) y similares. Para mejorar las características de autosoporte o la flexibilidad, además de mejorar la capacidad de intercambio iónico, se sugiere un método de la polimerización de un monómero que tiene una base cuaternaria debido a la polimerización por radicales en un campo anfipático que tiene propiedades filmógenas bimoleculares y 3 o más grupos radicalmente polimerizables (véase el documento JP1994-073206A (JP-H06-073206A)), y similares. Además, se sugiere una composición de curado en la que se regula un contenido de un monómero que tiene un agente de reticulación que tiene 2 grupos acrilamida y un grupo etilénicamente insaturado que tiene un grupo catiónico para mejorar la estabilidad de conservación de la película de intercambio iónico y reducir la resistencia eléctrica (véanse los documentos WO2013/011273A y WO2011/073638A).

40 Además, se ha investigado una resina polimérica fabricada con un agente de reticulación de vinilo y un monómero aromático que tiene un grupo amonio cuaternario y que tiene dos o más estructuras de anillo como una película de purificación de anticuerpos para separar un compuesto innecesario (por ejemplo, una proteína de célula hospedadora, un anticuerpo agregado y un virus) de una muestra biológica que contiene un anticuerpo (véase el documento JP2013-513623A). La resina polimérica es diferente de la película de intercambio iónico en los papeles y las funciones que se requieren.

Sumario de la invención

45

La película intercambiadora de aniones del documento JP2000-212306A es un copolímero de estireno-divinilbenceno y se produce mediante la introducción de un grupo amino cuaternario en un polímero obtenido tras la reacción de polimerización con una reacción de sustitución nucleófila de una amina terciaria. Esta reacción de curado de la polimerización es el curado por polimerización provocado por el calor, y requiere una reacción durante un largo período de tiempo para obtener una película que tenga un alto grado de curado. Además, dado que la aminación cuaternaria se realiza después de la polimerización, la película apenas se disuelve en un disolvente hidrófilo tal como agua, la reacción de aminación cuaternaria apenas progresa al interior del polímero y, por lo tanto, la aminación cuaternaria se vuelve desigual. Por lo tanto, si se reduce el grado de curado del polímero para hacer que la aminación cuaternaria progrese al interior del polímero, se reduce la densidad de carga de la película (densidad del grupo amino cuaternario) y se reduce la resistencia de la película. Además, la película de intercambio iónico tiene una baja afinidad por el agua, por lo que la resistencia eléctrica de la película tiene que aumentar.

60 El documento JP1994-073206A (JP-H06-073206A) desvela una película de intercambio iónico obtenida mediante la homopolimerización de un monómero que tiene 3 o más grupos etilénicamente insaturados y un grupo amonio cuaternario, es decir, un monómero de reticulación, y la película obtenida tiene características de autosoporte, pero es difícil ajustar las propiedades físicas de la película de intercambio iónico obtenida. Además, la reacción de curado por polimerización es el curado por polimerización que se realiza usando un campo de reacción de una película bimolecular formada con un tensioactivo anfipático. Por lo tanto, se realiza la fotopolimerización, pero la variación en los rendimientos se produce fácilmente debido a la diferencia en la homogeneidad de una película de reticulación y, por lo tanto, la película tiene muchos defectos.

65

La película de intercambio iónico sugerida en los documentos WO2013/011273A y WO2011/073638A es mejor en vista de las propiedades permselectivas (velocidad de transporte) y la resistencia al pH, pero requiere mejoras adicionales como una película funcional polimérica y, además, también se requiere la mejora de las características de la película polimérica funcional.

5 En la investigación de los presentes inventores, se ha encontrado que, en la película polimérica funcional, usando un monómero a base de estireno, es posible aumentar considerablemente la función como película de intercambio iónico reduciendo además la resistencia eléctrica de la película (de aquí en adelante en el presente documento, denominada "resistencia de la película"). Además, los presentes inventores han encontrado que si se combinan
10 tanto un monómero que tienen alta hidrosolubilidad como un agente de reticulación que tiene alta hidrosolubilidad, los monómeros se pueden disolver con una alta concentración y, por lo tanto, es posible preparar un líquido de recubrimiento que mantenga una alta concentración y que sea uniforme. Los presentes inventores han investigado además especies de monómeros usando esto como una pista y han encontrado que es posible proporcionar una
15 película de intercambio iónico de alto rendimiento que tenga baja resistencia de película, menos defectos de película y una excelente resistencia mecánica.

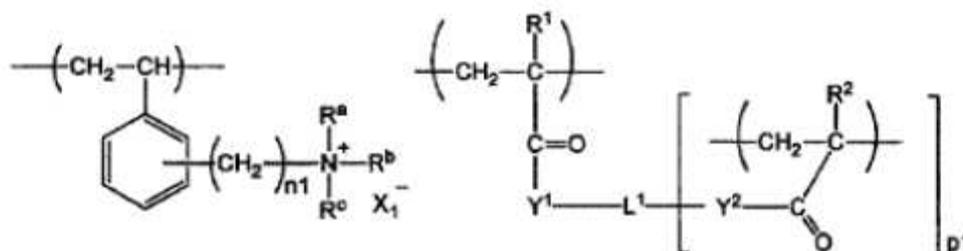
Por consiguiente, un objetivo de la invención es proporcionar una película de intercambio iónico (de aquí en adelante en el presente documento, denominada simplemente película) en la que se suprima la resistencia de la película para que sea baja, una composición de formación de una película de intercambio iónico y un método de producción de
20 una película de intercambio iónico.

Además, un objetivo de la invención es proporcionar una película de intercambio iónico como una película intercambiadora de aniones que tenga un bajo contenido de agua y baja permeabilidad al agua, tenga una supresión de la generación de un orificio del tamaño de un alfiler y, por lo tanto, se pueda usar en una amplia selección de
25 usos, una composición de formación de la película de intercambio iónico y un método de producción de la película de intercambio iónico en el que dicha excelente película polimérica funcional se pueda producir en un período de tiempo sumamente corto.

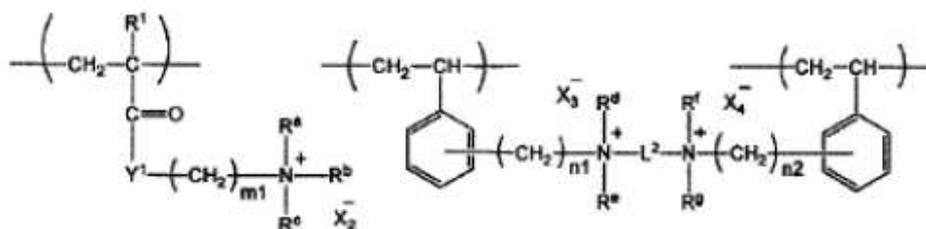
En vista de estos problemas, los presentes inventores estudiaron diligentemente una estructura de película apropiada para la película polimérica funcional, y han encontrado la posibilidad de proporcionar una película de intercambio iónico de alto rendimiento que tenga baja resistencia de película, menos defectos de película y excelente resistencia mecánica como se ha descrito anteriormente. En concreto, con respecto al copolímero de un compuesto (monómero) que tiene un esqueleto de estireno y un compuesto acrílico (monómero), además de hacer
30 que ambos monómeros tengan una estructura de alta hidrosolubilidad, haciendo que estos monómeros tengan una combinación específica del monómero de reticulación y un monómero monofuncional (un monómero que tenga un grupo etilénicamente insaturado), es posible la reacción de curado por fotopolimerización a una concentración alta. Por lo tanto, la densidad de carga en la película se aumenta y, también, se puede formar una película uniforme en un corto período de tiempo. Por consiguiente, los presentes inventores han encontrado que la resistencia eléctrica es extremadamente baja cuando se usa la película como una película de intercambio iónico. Además, los presentes
35 inventores han encontrado que se muestra una permeabilidad al agua satisfactoriamente baja cuando se usa la película como película de intercambio iónico. La invención se ha concebido a la vista de esto.

Es decir, los problemas de la invención se han resuelto mediante los siguientes medios.

45 (1) Una película de intercambio iónico que incluye: al menos un tipo de soporte poroso; y una resina polimérica dispuesta en los poros del soporte poroso, en el que la resina polimérica contiene un copolímero de estireno-acrílico que tiene una estructura expresada por al menos una de las siguientes Fórmulas generales (PI) y (PII),



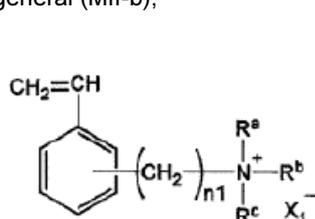
Fórmula general (PI)



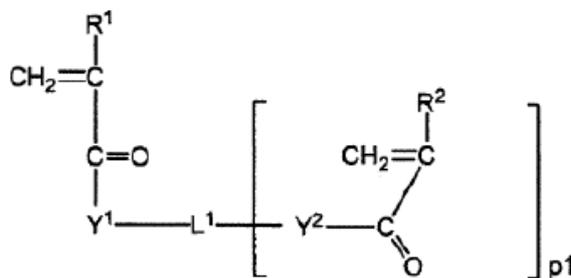
Fórmula general (PII)

en las Fórmulas generales (PI) y (PII), cada uno de R¹ y R² representa independientemente un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo, cada uno de Y¹ e Y² representa independientemente -O- o -N(Rx)-, aquí, Rx representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo, L¹ representa un grupo enlazador p₁ + 1-valente que tiene 2 o más átomos de carbono, L² representa un grupo enlazador bivalente, p₁ representa un número entero igual o superior a 1, cada uno de n₁, n₂ y m₁ representa independientemente un número entero igual o superior a 1, cada uno de R^a a R^g representa independientemente un grupo alquilo o un grupo arilo, 2 o 3 de R^a a R^c pueden unirse entre sí para formar un anillo, de 2 a 4 de R^d a R^g pueden unirse entre sí para formar un anillo, y cada uno de X₁⁻ a X₄⁻ representa independientemente un anión orgánico o inorgánico.

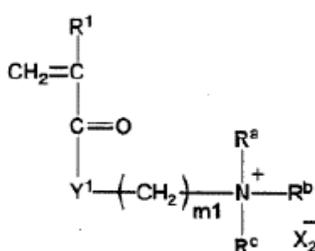
(2) La película de intercambio iónico de acuerdo con (1), en la que el polímero está hecho de un componente monomérico expresado por la siguiente Fórmula general (MI-a) y un componente monomérico de reticulación expresado por la siguiente Fórmula general (MI-b) o que está hecho de un componente monomérico expresado por la siguiente Fórmula general (MII-a) y un componente monomérico de reticulación expresado por la siguiente Fórmula general (MII-b),



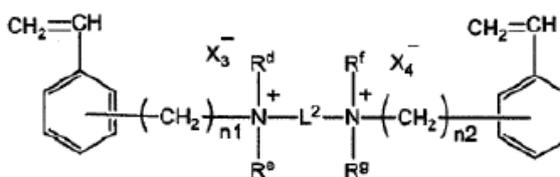
Fórmula general (MI-a)



Fórmula general (MI-b)



Fórmula general (MII-a)



Fórmula general (MII-b)

en las formulas generales (MI-a), (MI-b), (MII-a) y (MII-b), R¹, R², Y¹, Y², L¹, L², p₁, n₁, n₂, m₁, R^a a R^g y X₁⁻ a X₄⁻ tienen el mismo significado que R¹, R², Y¹, Y², L¹, L², p₁, n₁, n₂, m₁, R^a a R^g y X₁⁻ a X₄⁻ de las Fórmulas generales (PI) y (PII), respectivamente.

(3) La película de intercambio iónico de acuerdo con (1) o (2), en la que un contenido de un componente que tiene una unidad de estructura obtenida de un esqueleto de estireno o que tiene un esqueleto de estireno es de 1 parte en masa a 85 partes en masa en el caso de la Fórmula general (PI) y de 10 partes en masa a 90 partes en masa en el caso de la Fórmula general (PII) con respecto a 100 partes en masa del polímero.

(4) La película de intercambio iónico de acuerdo con uno cualquiera de (1) a (3), en la que el polímero se reticula y se cura mediante polimerización por fotorradales.

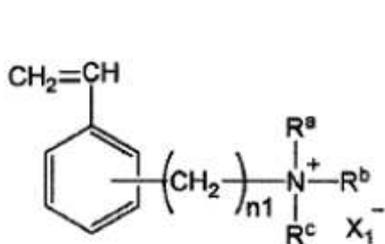
(5) La película de intercambio iónico de acuerdo con uno cualquiera de (1) a (4), en la que el soporte poroso es un producto textil tejido sintético, un producto textil no tejido sintético, una película en forma de esponja o una película que tiene orificios pasantes finos.

(6) La película de intercambio iónico de acuerdo con uno cualquiera de (1) a (5), en la que el soporte poroso es poliolefina.

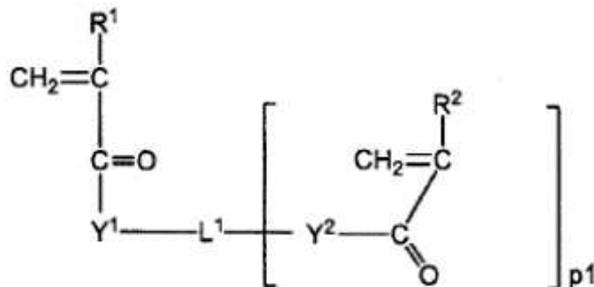
(7) La película de intercambio iónico de acuerdo con uno cualquiera de (1) a (6), en la que un espesor de película de la resina polimérica es de 40 μm a 500 μm .

(8) Una composición de formación de una película de intercambio iónico que incluye: un compuesto expresado por la siguiente Fórmula general (MI-a) y un compuesto expresado por la siguiente Fórmula general (MI-b); o un compuesto expresado por la siguiente Fórmula general (MII-a) y un compuesto expresado por la siguiente Fórmula General (MII-b),

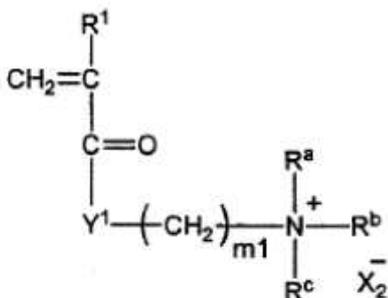
5



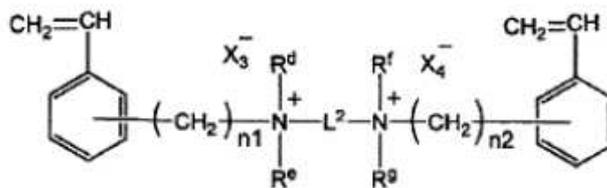
Fórmula general (MI-a)



Fórmula general (MI-b)



Fórmula general (MII-a)



Fórmula general (MII-b)

en las Fórmulas generales (MI-a), (MI-b), (MII-a) y (MII-b), cada uno de R^1 y R^2 representa independientemente un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo, cada uno de Y^1 e Y^2 representa independientemente $-\text{O}-$ o $-\text{N}(\text{Rx})-$, aquí, Rx representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo, L^1 representa un grupo enlazador p_1+1 -valente que tiene 2 o más átomos de carbono, L^2 representa un grupo enlazador bivalente, p_1 representa un número entero igual o superior a 1, cada uno de n_1 , n_2 y m_1 representa independientemente un número entero igual o superior a 1, cada uno de R^a a R^g representa independientemente un grupo alquilo o un grupo arilo, 2 o 3 de R^a a R^c pueden unirse entre sí para formar un anillo, de 2 a 4 de R^d a R^g pueden unirse entre sí para formar un anillo, y cada uno de X_1^- a X_4^- representa independientemente un anión orgánico o inorgánico.

10

15

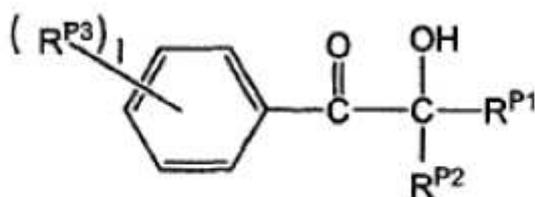
(9) La composición de formación de una película de intercambio iónico de acuerdo con (8), en la que un contenido del compuesto que tiene el esqueleto de estireno es de 1 parte en masa a 85 partes en masa en el caso del compuesto expresado por la Fórmula general (MI-a) y de 10 partes en masa a 90 partes en masa en el caso del compuesto expresado por la Fórmula general (MII-a) con respecto a 100 partes en masa del contenido total de sólidos de la composición.

20

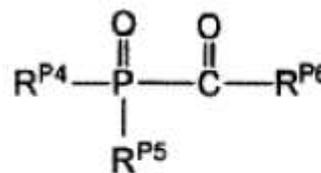
(10) La composición de formación de una película de intercambio iónico de acuerdo con (8) o (9), en la que la solubilidad de todos los compuestos que tienen grupos etilénicamente insaturados es del 30 % en masa o superior con respecto al agua pura a 25 $^{\circ}\text{C}$.

25

(11) La composición de formación de una película de intercambio iónico de acuerdo con uno cualquiera de (8) a (10), que incluye además: un iniciador de fotopolimerización expresado por la siguiente Fórmula general (PPI-1) o (PPI-2)



Fórmula general (PPI-1)

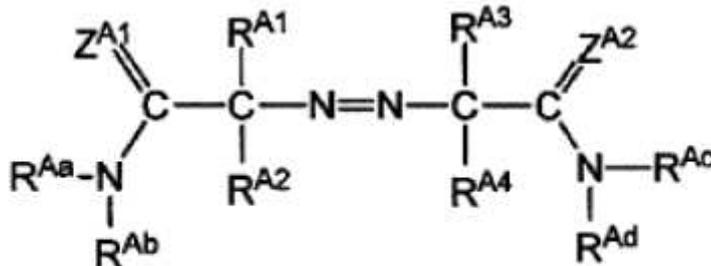


Fórmula general (PPI-2)

en las Fórmulas generales (PPI-1) y (PPI-2), cada uno de R^{P1} y R^{P2} representa independientemente un átomo de hidrógeno, un grupo alquilo, un grupo alcoxi o un grupo ariloxi, R^{P3} representa un grupo alquilo, un grupo alcoxi o un grupo ariloxi, 1 representa un número entero de 0 a 5, R^{P4} representa un grupo alquilo, un grupo arilo, un grupo alquiltio o un grupo ariltio, R^{P5} representa un grupo alquilo, un grupo arilo, un grupo alquiltio, un grupo ariltio o un grupo acilo, R^{P6} representa un grupo alquilo o un grupo arilo, y R^{P1} y R^{P2} o R^{P4} y R^{P5} pueden unirse entre sí para formar un anillo.

(12) La composición de formación de una película de intercambio iónico de acuerdo con (11), en la que un contenido del iniciador de fotopolimerización es de 0,1 partes en masa a 20 partes en masa con respecto a 100 partes en masa del contenido total de sólidos de la composición.

(13) La composición de formación de una película de intercambio iónico de acuerdo con (11) o (12), que incluye además: un iniciador de la polimerización por radicales expresado por la siguiente Fórmula general (AZI),



Fórmula general (AZI)

en la Fórmula general (AZI), cada uno de Z^{A1} y Z^{A2} representa independientemente $=O$ o $N-R^{Ae}$, cada uno de R^{A1} a R^{A4} representa independientemente un grupo alquilo, cada uno de R^{Aa} a R^{Ae} representa independientemente un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo y al menos 2 de R^{Aa} , R^{Ab} y R^{Ae} , al menos 2 de R^{Ac} , R^{Ad} y R^{Ae} , y/o al menos 2 de R^{Aa} , R^{Ac} y R^{Ad} pueden unirse entre sí para formar un anillo.

(14) La composición de formación de una película de intercambio iónico de acuerdo con (13), en la que un contenido del iniciador de la polimerización por radicales es de 0,1 partes en masa a 20 partes en masa con respecto a 100 partes en masa del contenido total de sólidos de la composición.

(15) La composición de formación de una película de intercambio iónico de acuerdo con uno cualquiera de (8) a (14), en la que la composición contiene un disolvente.

(16) La composición de formación de una película de intercambio iónico de acuerdo con (15), en la que el disolvente es agua o un disolvente hidrosoluble.

(17) La composición de formación de una película de intercambio iónico de acuerdo con uno cualquiera de (8) a (16), en la que un contenido del disolvente es de 5 partes en masa a 60 partes en masa con respecto a 100 partes en masa, que es la masa total de la composición.

(18) Un método de producción de una película de intercambio iónico, que incluye: irradiar la composición de formación de una película de intercambio iónico de acuerdo con uno cualquiera de (8) a (17) con un rayo de energía; y reticular y curar la composición de formación de una película de intercambio iónico.

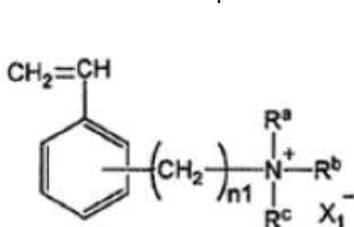
(19) El método de producción de una película de intercambio iónico de acuerdo con (18), en el que la reacción de reticulación y curado se realiza por irradiación con un rayo de energía y calentamiento.

(20) El método de producción de una película de intercambio iónico de acuerdo con (19), en el que el calentamiento se realiza tras la irradiación con un rayo de energía.

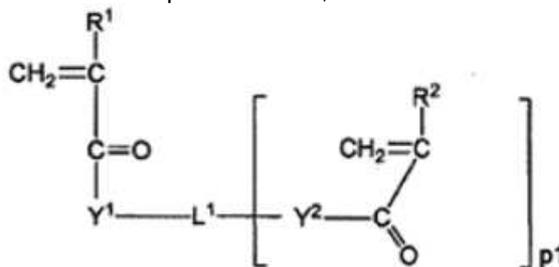
(21) El método de producción de una película de intercambio iónico de acuerdo con uno cualquiera de (18) a (20), en el que tras el recubrimiento del soporte con la composición y/o la impregnación del soporte con la composición usando la composición de formación de una película de intercambio iónico, se realiza la reacción de reticulación y curado.

(22) Un método de producción de una película de intercambio iónico, que incluye: reticular y curar un compuesto expresado por la siguiente Fórmula general (MI-a) y un compuesto expresado por la siguiente Fórmula general (MI-b) o un compuesto expresado por la siguiente Fórmula general (MII-a) y un compuesto expresado por la siguiente Fórmula general (MII-b) mediante la reacción de polimerización por fotorradales en agua o un

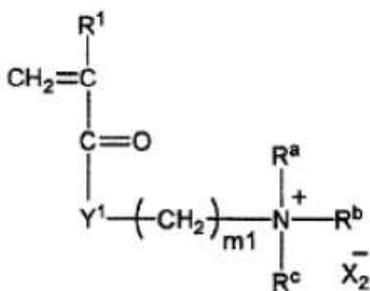
disolvente hidrosoluble en presencia de un iniciador de la fotopolimerización,



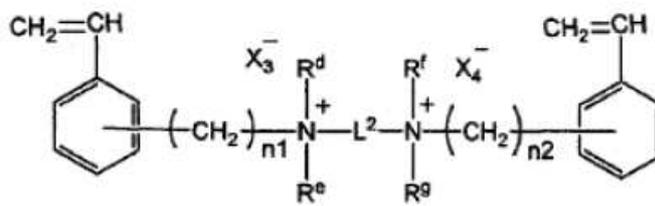
Fórmula general (MI-a)



Fórmula general (MI-b)



Fórmula general (MII-a)



Fórmula general (MII-b)

5 En las fórmulas generales (MI-a), (MI-b), (MII-a) y (MII-b), cada uno de R¹ y R² representa independientemente un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo, cada uno de Y¹ e Y² representa independientemente -O- o -N(Rx)-, aquí, Rx representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo, L¹ representa un grupo enlazador p₁ + 1-valente que tiene 2 o más átomos de carbono, L² representa un grupo enlazador bivalente, p₁ representa un número entero igual o superior a 1, cada uno de n₁, n₂ y m₁ representa independientemente un número entero igual o superior a 1, cada uno de R^a a R^g representa independientemente un grupo alquilo o un grupo arilo, 2 o 3 de R^a a R^c pueden unirse entre sí para formar un anillo, de 2 a 4 de R^d a R^g pueden unirse entre sí para formar un anillo, y cada uno de X₁⁻ a X₄⁻ representa independientemente un anión orgánico o inorgánico.

15 En la presente memoria descriptiva, el término "a" se usa para tener el significado de incluir los valores numéricos indicados antes y después del término "a" como un límite inferior y un límite superior.

20 Además, a menos que se describa lo contrario, en las respectivas fórmulas generales, si hay varios grupos indicados por los mismos números de referencia, los grupos pueden ser idénticos o diferentes entre sí. De la misma forma, si hay varias repeticiones de estructuras parciales, las repeticiones significan tanto repeticiones idénticas como una mezcla de diferentes repeticiones en el intervalo regulado.

25 Además, a menos que se describa otra cosa, un isómero geométrico que es una forma de sustitución de un doble enlace en las respectivas fórmulas generales puede ser un isómero E o un isómero Z, o una mezcla de los mismos, incluso si se describe un lado del isómero por conveniencia de indicación.

30 De acuerdo con la invención, el término "acrilo" incluye un grupo en el que no solo un grupo metilo, sino también un grupo alquilo están sustituidos en una posición α de un grupo acilo, tal como acrilo o metacrilo, y se usa como una expresión que se refiere colectivamente a sus ácidos, sus sales, sus ésteres o sus amidas. Es decir, se incluyen tanto el éster de ácido acrílico, la amida y los ácidos o las sales del mismo como el éster de ácido acrílico α-alquilo sustituido, la amida, o los ácidos o sales del mismo.

35 De acuerdo con la invención, es posible proporcionar una película de intercambio iónico que tenga una excelente resistencia de película, un excelente contenido de agua y una excelente permeabilidad al agua, tenga suprimida la generación de un orificio del tamaño de un alfiler, y por lo tanto, se pueda usar en una amplia selección de usos, una composición de formación de la película de intercambio iónico y un método de producción de la película de intercambio iónico. De acuerdo con el método de producción de la invención, es posible obtener la película de intercambio iónico en un período de tiempo sumamente corto.

Las características y ventajas anteriormente mencionadas, y otras características y ventajas de la invención pueden

revelarse mediante la siguiente descripción apropiadamente con referencia a las figuras adjuntas.

Breve descripción de las figuras

5 La Fig. 1 es un diagrama que ilustra esquemáticamente un canal de flujo de un dispositivo de medición de la permeabilidad al agua de una película.

Descripción de las realizaciones preferidas

10 «Película de intercambio iónico»

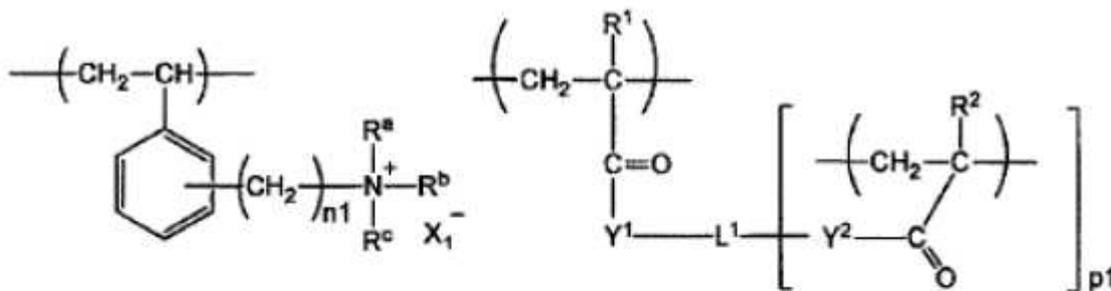
La película de intercambio iónico de acuerdo con la invención es una película intercambiadora de aniones.

15 La película de intercambio iónico de acuerdo con la invención incluye al menos un tipo de soporte poroso y una resina polimérica dispuesta en los poros del soporte poroso, y la resina polimérica contiene al menos un tipo de copolímeros de estireno-acrilo específicos de acuerdo con la invención.

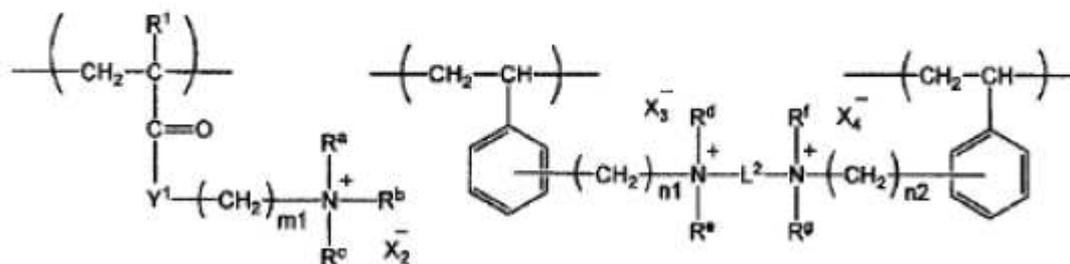
20 Si la película de acuerdo con la invención incluye un soporte, el espesor de la película de acuerdo con la invención es preferentemente de 40 μm a 500 μm, más preferentemente de 40 μm a 200 μm, y en particular preferentemente de 70 μm a 150 μm, incluyendo el espesor del soporte.

<Copolímero de estireno-acrilo>

25 El copolímero de estireno-acrilo de acuerdo con la invención es un polímero para el intercambio de aniones, tiene un grupo de amonio cuaternario que es un grupo onio, e intercambia un anión a través de este grupo.



Fórmula general (PI)



Fórmula general (PII)

30 En las Fórmulas generales (PI) y (PII), cada uno de R¹ y R² representa independientemente un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo. Cada uno de Y¹ e Y² representa independientemente -O- o -N(Rx)-. En el presente documento, Rx representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo. L¹ representa un grupo enlazador p₁ + 1-valente que tiene 2 o más átomos de carbono y L² representa un grupo enlazador bivalente. p₁ representa un número entero igual o superior a 1. Cada uno de n₁, n₂ y m₁ representa independientemente un número entero igual o superior a 1, cada uno de R^a a R^g representa independientemente un grupo alquilo o un grupo arilo, 2 o 3 de R^a a R^c pueden unirse entre sí para formar un anillo, y de 2 a 4 de R^d a R^g pueden unirse entre sí para formar un anillo. Cada uno de X₁⁻ a X₄⁻ representa independientemente un anión orgánico o inorgánico.

35 El grupo alquilo de R¹, R², Rx y R^a a R^g puede tener un sustituyente, y el grupo arilo de R^a a R^g puede tener un sustituyente. De esta forma, como sustituyente, se prefiere un sustituyente seleccionado de un grupo sustituyente Z

que se presenta a continuación.

Grupo sustituyente Z:

5 El grupo sustituyente Z puede incluir un grupo alquilo (grupo alquilo que tiene preferentemente de 1 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 1 a 20 átomos de carbono y de forma particularmente preferida que tiene de 1 a 10 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen metilo, etilo, *iso*-propilo, *terc*-butilo, *n*-octilo, 2-etilhexilo, *n*-decilo, *n*-hexadecilo), un grupo cicloalquilo (preferentemente un grupo cicloalquilo que tiene de 3 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 3 a 20 átomos de carbono y de forma particularmente preferida que tiene de 3 a 10 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen ciclopropilo, ciclopentilo y ciclohexilo), un grupo alquenilo (un grupo alquenilo que tiene preferentemente de 2 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 2 a 20 átomos de carbono y de forma particularmente preferida que tiene de 2 a 10 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen vinilo, alilo, 2-butenilo y 3-pentenilo), un grupo alquinilo (un grupo alquinilo que tiene preferentemente de 2 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 2 a 20 átomos de carbono y de forma particularmente preferida que tiene de 2 a 10 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen propargilo y 3-pentinilo), un grupo arilo (un grupo arilo que tiene preferentemente de 6 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 6 a 20 átomos de carbono y de forma particularmente preferida que tiene de 6 a 12 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen fenilo, *p*-metilfenilo, naftilo y antrano), un grupo amino (el grupo amino incluye un grupo amino, un grupo alquilamino y un grupo arilamino, el grupo amino es un grupo amino que tiene preferentemente de 0 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 0 a 20 átomos de carbono y de forma particularmente preferida que tiene de 0 a 10 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen amino, metilamino, dimetilamino, dietilamino, dibencilamino, difenilamino y ditolilamino), un grupo alcoxi (un grupo alcoxi que tiene preferentemente de 1 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 1 a 20 átomos de carbono y de forma particularmente preferida que tiene de 1 a 10 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen metoxi, etoxi, butoxi y 2-etilhexiloxi), un grupo ariloxi (un grupo ariloxi que tiene preferentemente de 6 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 6 a 20 átomos de carbono y de forma particularmente preferida que tiene de 6 a 12 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen feniloxi, 1-naftiloxi y 2-naftiloxi) y un grupo oxi de anillo hetero (un grupo oxi de anillo hetero que tiene preferentemente de 2 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 2 a 20 átomos de carbono y de forma particularmente preferida que tiene de 2 a 12 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen piridiloxi, piradiloxi, pirimidiloxi y quinoliloxi).

Un grupo acilo (un grupo acilo que tiene preferentemente de 1 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 1 a 20 átomos de carbono y que tiene, de forma particularmente preferida, de 1 a 12 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen acetilo, benzoilo, formilo y pivaloilo), un grupo alcoxycarbonilo (un grupo alcoxycarbonilo que tiene preferentemente de 2 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 2 a 20 átomos de carbono y de forma particularmente preferida que tiene de 2 a 12 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen metoxycarbonilo y etoxycarbonilo), un grupo ariloxycarbonilo (un grupo ariloxycarbonilo que tiene referentemente de 7 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 7 a 20 átomos de carbono, y de forma particularmente preferida que tiene de 7 a 12 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen feniloxycarbonilo), un grupo aciloxi (un grupo aciloxi que tiene preferentemente de 2 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 2 a 20 átomos de carbono y de forma particularmente preferida que tiene de 2 a 10 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen acetoxi y benzoiloxi), un grupo acilamino (un grupo acilamino que tiene preferentemente de 2 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 2 a 20 átomos de carbono y, de forma particularmente preferida, que tiene de 2 a 10 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen acetilamino y benzoilamino).

Un grupo alcoxycarbonilamino (un grupo alcoxycarbonilamino que tiene preferentemente de 2 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 2 a 20 átomos de carbono y de forma particularmente preferida que tiene de 2 a 12 átomos de carbono y sus ejemplos incluyen metoxycarbonilamino), un grupo ariloxycarbonilamino (un grupo ariloxycarbonilamino que tiene de 7 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 7 a 20 átomos de carbono, de forma particularmente preferida que tiene de 7 a 12 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen feniloxycarbonilamino), un grupo alquilo o arilsulfonilamino (que tiene preferentemente de 1 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 1 a 20 átomos de carbono y de forma particularmente preferida que tiene de 1 a 12 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen metanosulfonilamino y bencenosulfonilamino), un grupo sulfamoilo (el grupo sulfamoilo incluye un grupo sulfamoilo y un grupo alquil- o arilsulfamoilo, el grupo sulfamoilo es un grupo sulfamoilo que tiene preferentemente de 0 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 0 a 20 átomos de carbono y de forma particularmente preferida que tiene de 0 a 12 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen sulfamoilo, metilsulfamoilo, dimetilsulfamoilo y fenilsulfamoilo).

Un grupo carbamoilo (el grupo carbamoilo incluye un grupo carbamoilo, un grupo alquil- o aril-carbamoilo, el grupo carbamoilo es un grupo carbamoilo que tiene preferentemente de 1 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 1 a 20 átomos de carbono y de forma particularmente preferida que tiene de 1 a 12 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen carbamoilo, metilcarbamoilo, dietilcarbamoilo y fenilcarbamoilo), un grupo alquiltio (un grupo alquiltio que tiene preferentemente de 1 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 1 a 20 átomos de carbono y de forma particularmente preferida que tiene de 1 a 12 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen metiltio y etiltio), un grupo ariltio (un grupo ariltio que tiene preferentemente de 6 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 6 a 20 átomos de carbono y de forma particularmente preferida que tiene de 6 a 12

átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen feniltilio), un grupo tio de anillo hetero (un grupo tio de anillo hetero que tiene preferentemente de 2 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 2 a 20 átomos de carbono y de forma particularmente preferida que tiene de 2 a 12 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen piridiltio, 2-benzimidazoliltio, 2-benzoxazoliltio y 2-benzotiazoliltio).

5 Un grupo alquil- o aril-sulfonilo (un grupo alquil- o aril-sulfonilo que tiene preferentemente de 1 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 1 a 20 átomos de carbono y de forma particularmente preferida que tiene de 1 a 12 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen mesilo y tosilo), un grupo alquil- o aril-sulfinilo (un grupo alquil- o aril-sulfinilo que tiene preferentemente de 1 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 1 a 20 átomos de carbono y de forma particularmente preferida que tiene de 1 a 12 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen metanosulfinilo y bencenosulfinilo), un grupo ureido (preferentemente un grupo ureido que tiene de 1 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 1 a 20 átomos de carbono, de forma particularmente preferida que tiene de 1 a 12 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen ureido, metilureido y fenilureido), un grupo amida de ácido fosfórico (un grupo amida de ácido fosfórico que tiene preferentemente de 1 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 1 a 20 átomos de carbono, de forma particularmente preferida de 1 a 12 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen amida de ácido dietilfosfórico y amida de ácido fenilfosfórico), un grupo hidroxilo, un grupo mercapto, un átomo de halógeno (por ejemplo, un átomo de flúor, un átomo de cloro, un átomo de bromo y un átomo de yodo, prefiriéndose más un átomo de flúor).

20 Un grupo ciano, un grupo sulfo, un grupo carboxilo, un grupo oxo, un grupo nitro, un grupo de ácido hidroxámico, un grupo sulfino, un grupo hidrazino, un grupo imino y un grupo de anillo hetero (un grupo de anillo hetero que tiene preferentemente de 1 a 30 átomos de carbono y más preferentemente que tiene de 1 a 12 átomos de carbono, como un heteroátomo constituyente del anillo, por ejemplo, se prefieren un átomo de nitrógeno, un átomo de oxígeno y un átomo de azufre, y sus ejemplos específicos incluyen imidazolilo, piridilo, quinolilo, furilo, tienilo, piperidilo, morfolino, benzoxazolilo, benzimidazolilo, benzotiazolilo, un grupo carbazolilo y un grupo azepinilo), un grupo sililo (un grupo sililo que tiene preferentemente de 3 a 40 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 3 a 30 átomos de carbono, y de forma particularmente preferida que tiene de 3 a 24 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen trimetilsililo y trifenilsililo), y un grupo sililoxi (un grupo sililoxi que tiene preferentemente de 3 a 40 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 3 a 30 átomos de carbono, de forma particularmente preferida que tiene de 3 a 24 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen trimetilsililoxi y trifenilsililoxi).

Estos sustituyentes pueden estar además sustituidos con uno o más sustituyentes seleccionados del grupo sustituyente Z anterior.

35 Además, de acuerdo con la invención, cuando hay varios sustituyentes en una parte estructural, los sustituyentes pueden unirse entre sí para formar un anillo o pueden condensarse con una parte o la totalidad de la parte estructural para formar un anillo aromático o un anillo heterocíclico insaturado.

40 El grupo alquilo de R¹ y R² es preferentemente un grupo alquilo que tiene de 1 a 4 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen metilo, etilo, isopropilo, *n*-butilo, isobutilo y *t*-butilo.

Como R¹ y R², se prefiere un átomo de hidrógeno o un grupo metilo, y entre estos, se prefiere un átomo de hidrógeno.

45 Y¹ e Y² representan -O- o -N(Rx)-, pero se prefiere -N(Rx)-, y es particularmente preferida que tanto Y¹ como Y² sean -N(Rx)-, conjuntamente.

En el presente documento, como grupo alquilo de Rx, se prefiere un grupo alquilo que tiene de 1 a 4 átomos de carbono.

50 Rx es de forma particularmente preferida un átomo de hidrógeno.

L¹ representa un grupo enlazador p₁ + 1-valente que tiene 2 o más átomos de carbono. En el presente documento, p₁ representa un número entero igual o superior a 1, se prefiere un número entero de 1 a 5, más preferentemente un número entero de 1 a 3, prefiriéndose en especial 1.

Como grupo enlazador de L¹, se prefiere que los átomos unidos a Y¹ e Y² sean todos átomos de carbono.

60 Si p₁ es 1, por ejemplo, un grupo alquileo de cadena lineal, ramificado o cíclico (un grupo alquileo que tiene preferentemente de 2 a 30 átomos de carbono, más preferentemente que tiene de 2 a 12 átomos de carbono y más preferentemente que tiene de 2 a 4 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen etileno, propileno, butileno, pentileno, hexileno, octileno y deceno. Además, en el caso de un grupo alquileo cíclico, es decir, un grupo cicloalquileo, el número más bajo de átomos de carbono es preferentemente 3, prefiriéndose más el ciclopentileno y ciclohexileno), un grupo -(alquilenoxi)-alquileo (en el presente documento, t representa un número entero igual o superior a 1, se prefiere un número entero de 1 a 50, más preferentemente un número entero de 1 a 20 y prefiriéndose además un número entero de 1 a 10. El alquileo es alquileo que tiene preferentemente de 2 a 30

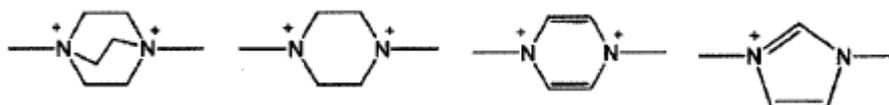
átomos de carbono, más preferentemente de 2 a 12 átomos de carbono, y más preferentemente de 2 a 4 átomos de carbono.

5 Sus ejemplos incluyen etilenoxtileno, propilenoxtipileno, butilenoxtipileno, pentilenoxtipileno, hexilenoxtipileno, octilenoxtipileno, decilenoxtipileno, polietilenoxtipileno y polipropilenoxtipileno), un grupo aralquileo (un grupo aralquileo que tiene preferentemente de 7 a 30 átomos de carbono y más preferentemente que tiene de 7 a 13 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen bencilideno y cinamilideno), un grupo arileno (un grupo arileno que tiene preferentemente de 6 a 30 átomos de carbono y más preferentemente que tiene de 6 a 15 átomos de carbono, y sus ejemplos incluyen fenileno, cumenileno, mesitileno, tolileno y xilileno), un grupo -alquilen-
 10 E-alquileo (en el presente documento, E representa S-, -SO-, -SO₂-, -S-S-, -C(=O)-, -N(R^{L1})-, -N⁺(R^{L2})(R^{L3})-, fenileno, cicloalquileo, alquileo, un grupo hetero bivalente, y un grupo obtenido combinando estos grupos. R^{L1} representa un átomo de hidrógeno, un grupo alquilo o un grupo arilo, y cada uno de R^{L2} y R^{L3} representa independientemente un grupo alquilo o un grupo arilo), un grupo -arilen-E-arileno (en el presente documento, E tiene el mismo significado que antes) y un grupo arilen-E-alquileo (en el presente documento, E tiene el mismo significado que antes).
 15

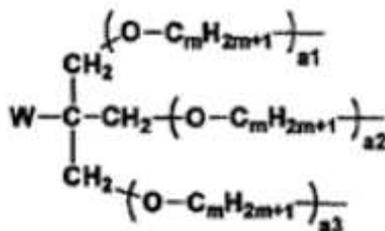
En este caso, el grupo de anillo hetero bivalente de E anterior es preferentemente un grupo de anillo hetero bivalente como el que se presenta a continuación.

20 Además, estos respectivos anillos pueden tener sustituyentes, y los sustituyentes son preferentemente sustituyentes seleccionados del grupo sustituyente Z.

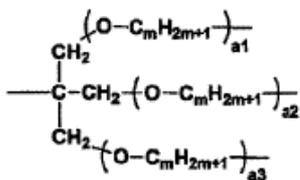
Entre ellos, se prefieren el anillo de 1,4-diazabicyclo[2.2.2]octano (diazabicyclo[2.2.2]octano-1,4-diilo) y anillo de 1,4-piperazina (piperazina-1,4-diilo). Además, 2 átomos de nitrógeno del anillo de piperazina y el anillo de dihidropirazina se cuaternizaron con grupos alquilo, y los grupos alquilo no están indicados.
 25



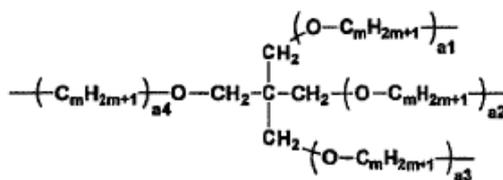
Si p1 es 3 o mayor, el grupo enlazador expresado por L¹ es preferentemente los siguientes grupos enlazadores.



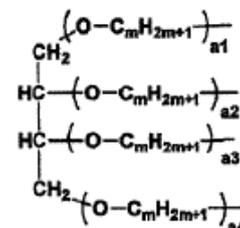
Grupo enlazador (3a)



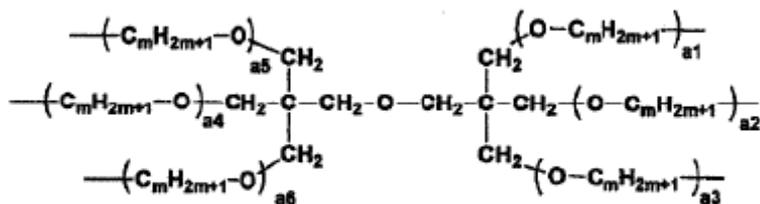
Grupo enlazador (4a)



Grupo enlazador (4b)



Grupo enlazador (4c)



Grupo enlazador (6a)

W representa un grupo alquilo, un grupo hidroxilo o un grupo amino, m representa un número entero igual o superior a 2, y cada uno de a1 a a6 representa independientemente un número entero igual o superior a 0.

5

m es preferentemente 2 o 3.

a1 a a6 son preferentemente 0 a 20 y más preferentemente 0 a 10.

10 Cada grupo de L¹ puede tener un sustituyente, los ejemplos del sustituyente incluyen el grupo sustituyente Z, prefiriéndose un grupo alquilo, un grupo hidroxilo, un grupo onio (preferentemente, un grupo amonio tal como un grupo amonio cuaternario y una sal cuaternaria de un anillo hetero que contiene nitrógeno, tal como imidazolio) y un átomo de halógeno.

15 El grupo alquilo de R^a a R^g puede tener una forma de cadena lineal o una forma ramificada, y puede tener un sustituyente. El sustituyente puede incluir un sustituyente incluido en el grupo sustituyente Z. El número de átomos de carbono del grupo alquilo es preferentemente de 1 a 4, y entre estos, se prefiere un grupo metilo.

20 El grupo arilo de R^a a R^g tiene preferentemente de 6 a 20 átomos de carbono y puede tener un sustituyente. El sustituyente incluye el sustituyente incluido en el grupo sustituyente Z. El grupo arilo es, por ejemplo, fenilo y naftilo.

R^a a R^g son preferentemente grupos alquilo.

25 2 o 3 de R^a a R^c pueden unirse entre sí para formar un anillo, y el anillo es un anillo hetero que contiene nitrógeno, preferentemente un anillo de 5 o 6 miembros, y puede ser un anillo monocíclico o un anillo reticulado, o puede ser un anillo aromático. Sus ejemplos incluyen un anillo de piperidina, un anillo de piperazina, un anillo de morfolina, un anillo de tiomorfolina, un anillo de pirrol, un anillo de pirazol, un anillo de imidazol, un anillo de triazol, un anillo de piridina, un anillo de dihidropirazina y un anillo de quinuclidina.

30 De 2 a 4 de R^d a R^g están unidos entre sí para formar un anillo, y entre los anillos que pueden formarse con R^a a R^c, se ilustra un anillo que incluye al menos 2 átomos de nitrógeno en el heteroátomo constituyente del anillo, y sus ejemplos incluyen un anillo de pirazol, un anillo de imidazol, un anillo de triazol, un anillo de piperazina, un anillo de dihidropirazina y un anillo de quinuclidina.

35 El anillo formado se puede condensar con un anillo de benceno.

m1 representa un número entero igual o superior a 1, y es preferentemente un número entero de 1 a 5 y más preferentemente un número entero de 2 o 3.

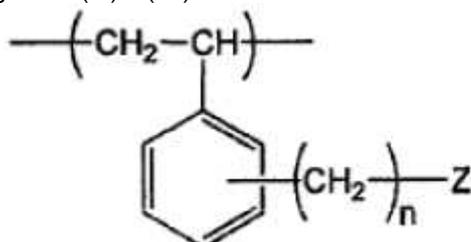
40 n1 y n2 representan un número entero igual o superior a 1, y es preferentemente de 1 a 5, más preferentemente de 1 a 4, y particularmente preferido 1.

45 X1⁻ a X4⁻ representan aniones orgánicos o inorgánicos y son preferentemente aniones inorgánicos. Los ejemplos del anión orgánico incluyen trifluorometano-sulfonato, tetrafluoro-borato, hexafluoro-fosfato, un anión de ácido acetático, un anión de trifluoro-acetato y bistrifluorometanosulfonil-imidato. Los ejemplos del anión inorgánico incluyen un anión de halógeno (un anión de flúor, un anión de cloro, un anión de bromo y un anión de yodo), un anión de ácido nítrico, un dianión de ácido sulfúrico y un anión de ácido fosfórico y un anión de halógeno. Entre los aniones de halógeno, se prefieren un anión de cloro y un anión de bromo, y es de forma particularmente preferida un anión de cloro.

50 Se prefiere que el polímero expresado por la siguiente Fórmula general (PI) o (PII) de acuerdo con la invención no incluya una unidad de estructura parcial como la siguiente.

55 Es decir, de acuerdo con la invención, como se describe a continuación, en la producción de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención, el grupo amonio cuaternario no se introduce tras el curado por polimerización, sino que se polimeriza y se cura un monómero que tiene el grupo amonio cuaternario y, por tanto, la estructura parcial como la siguiente, en principio, no se tiene que incluir.

Sin embargo, incluso si la estructura parcial está embebida en impurezas incluidas en una materia prima de monómero, el contenido de la estructura parcial es de 5 partes en masa o inferior, más preferentemente de 3 partes en masa o inferior, y más preferentemente de 1 parte en masa o inferior con respecto a 100 partes en masa del polímero expresado por la Fórmula general (PI) o (PII).



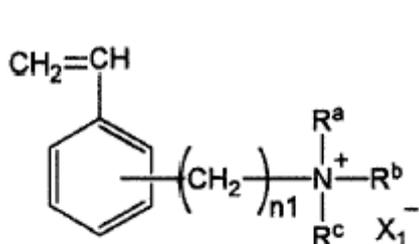
Unidad de estructura parcial (x)

5 En una unidad de estructura parcial (x), n representa n1 o n2 de las Fórmulas generales (PI) y (PII), Z representa un átomo de halógeno, un grupo hidroxilo, un grupo alquilsulfonilo, un grupo arilsulfonilo, un grupo acilo o -N(R^h)(Rⁱ). En este caso, cada uno de R^h y Rⁱ representa independientemente un átomo de hidrógeno, un grupo alquilo, un grupo arilo o un grupo de anillo hetero. R^h y Rⁱ están unidos entre sí para formar un anillo.

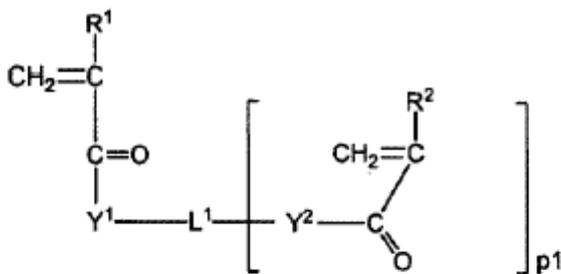
10 En este caso, Z es un grupo liberado debido a la reacción de sustitución del compuesto amino cuaternario como se realiza en el documento JP2000-212306A o un grupo correspondiente a un grupo amino [-N(R^h)(Rⁱ) anterior]. que se introducirá después en un grupo de amonio cuaternario.

15 El polímero expresado por la Fórmula general (PI) o (PII) de acuerdo con la invención está hecho de un componente monomérico expresado por la siguiente Fórmula general (MI-a) y un componente monomérico de reticulación expresado por la siguiente Fórmula general (MI-b) o un componente monomérico expresado por la siguiente Fórmula general (MII-a) y un componente monomérico de reticulación expresado por la siguiente Fórmula general (MII-b).

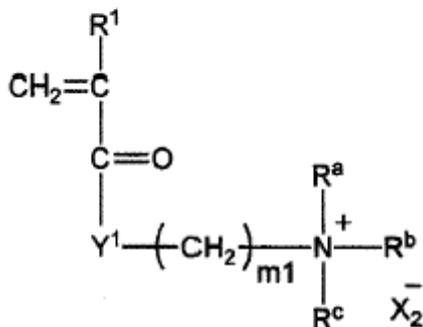
20



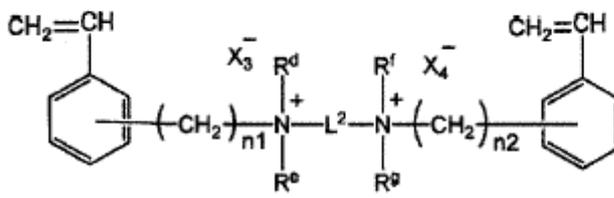
Fórmula general (MI-a)



Fórmula general (MI-b)



Fórmula general (MII-a)



Fórmula general (MII-b)

25 En las Fórmulas generales (MI-a), (MI-b), (MII-a) y (MII-b), R¹, R², Y¹, Y², L¹, L², p1, n1, n2, m1, R^a a R^g, y X₁⁻ a X₄⁻ respectivamente tienen el mismo significado que R¹, R², Y¹, Y², L¹, L², p1, n1, n2, m1, R^a a R^g, y X₁⁻ a X₄⁻ de las Fórmulas generales (PI) y (PII), y sus alcances preferidos son los mismos.

Además, en el polímero expresado por la Fórmula general (PI) o (PII), se prefiere que el contenido de una unidad estructural obtenida a partir de un esqueleto de estireno o un componente que incluya un esqueleto de estireno sea de 1 parte en masa a 85 partes en masa en el caso de la Fórmula general (PI) y de 10 partes en masa a 90 partes en masa en el caso de la Fórmula general (PII) con respecto a 100 partes en masa del polímero, ya que el efecto de la invención se muestra con eficacia.

Como se describe con detalle a continuación, de acuerdo con la invención, el polímero se reticula preferentemente y se cura mediante una reacción de polimerización por fotorradicales y, de este modo, preferentemente se polimeriza y se cura en presencia de un iniciador de la polimerización por fotorradicales.

<Composición de formación de la película de intercambio iónico>

La composición de formación de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención es una composición de formación de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención e incluye un compuesto expresado por la Fórmula general (MI-a) y un compuesto expresado por la Fórmula general (MI-b), o un compuesto expresado por la Fórmula general (MII-a) y un compuesto expresado por la Fórmula general (MII-b).

En el polímero expresado por la Fórmula general (PI) o (PII), el contenido de una unidad estructural obtenida del esqueleto de estireno o un componente que incluye un esqueleto de estireno es preferentemente de 1 parte en masa a 85 partes en masa en el caso de la Fórmula general (PI) y de 10 partes en masa a 90 partes en masa en el caso de la Fórmula general (PII) con respecto a 100 partes en masa del polímero, y se mantiene esta relación en la composición de formación de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención.

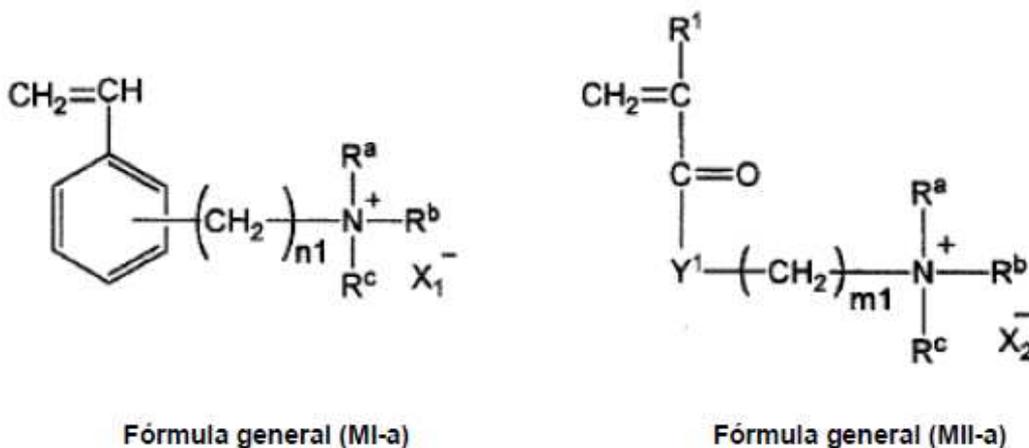
Es decir, en la combinación del monómero del compuesto expresado por la Fórmula general (MI-a) y el compuesto expresado por la Fórmula general (MI-b), el compuesto expresado por la Fórmula general (MI-a) está preferentemente contenido en el intervalo de 1 parte en masa a 85 partes en masa con respecto a 100 partes en masa del contenido de sólidos de la composición. Entretanto, en la combinación de los monómeros del compuesto expresado por la Fórmula general (MII-a) y el compuesto expresado por la Fórmula general (MII-b), el compuesto expresado por la Fórmula general (MII-b) está preferentemente contenido en el intervalo de 10 partes en masa a 90 partes en masa.

La composición de formación de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención puede contener diversos materiales y disolventes además de los respectivos monómeros. Se describen por orden los monómeros usados en la invención.

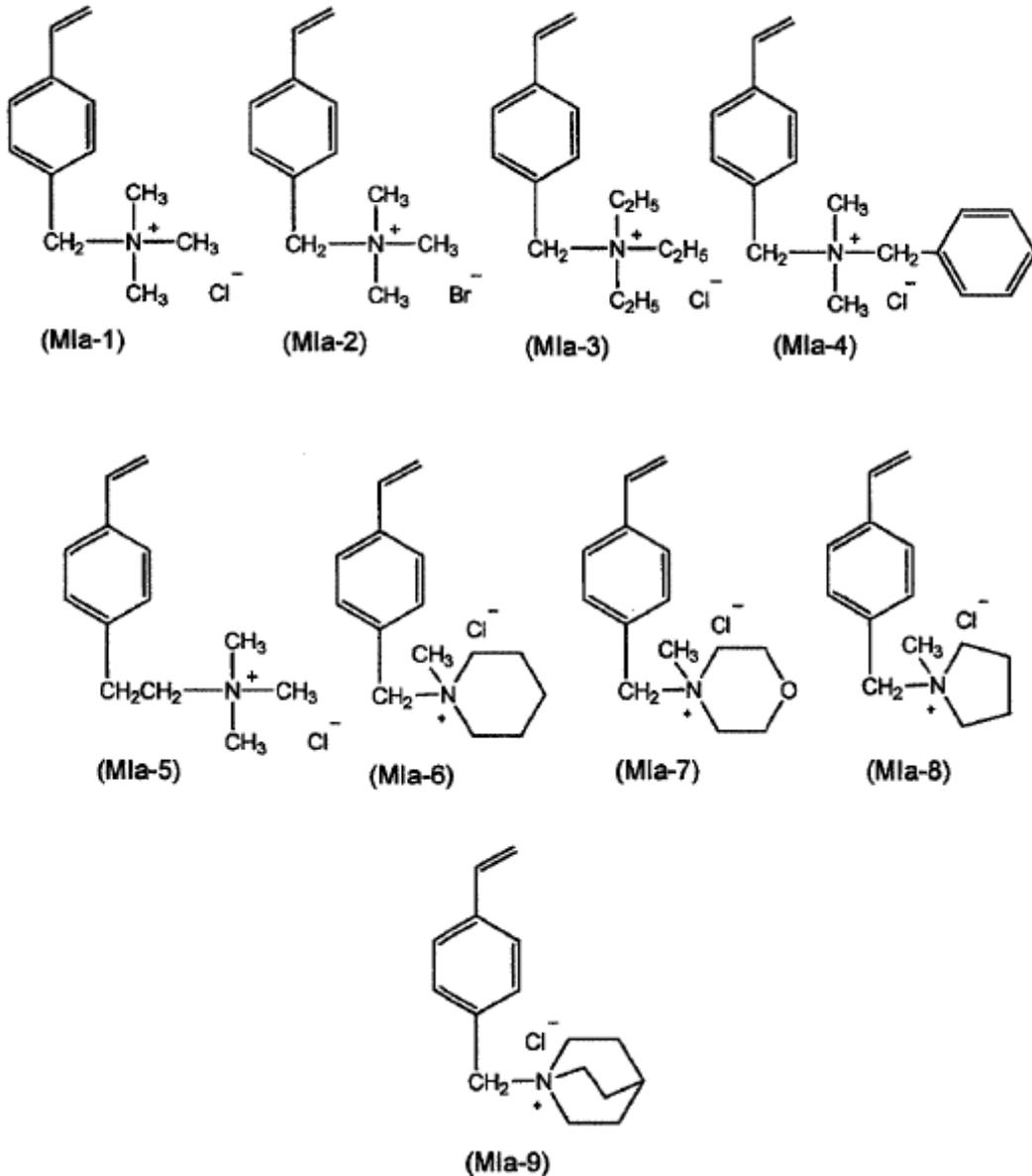
(Monómero monofuncional)

De acuerdo con la invención, se usa el compuesto expresado por la Fórmula general (MI-a) o (MII-a).

El compuesto tiene un grupo amonio cuaternario en un anillo de benceno de un esqueleto de estireno o tiene un alcohol de éster acrílico o acrilamida (una parte ácida es un ácido acrílico o un ácido acrílico que tiene un grupo alquilo en una posición α) o un grupo de amonio cuaternario en una parte de amina.



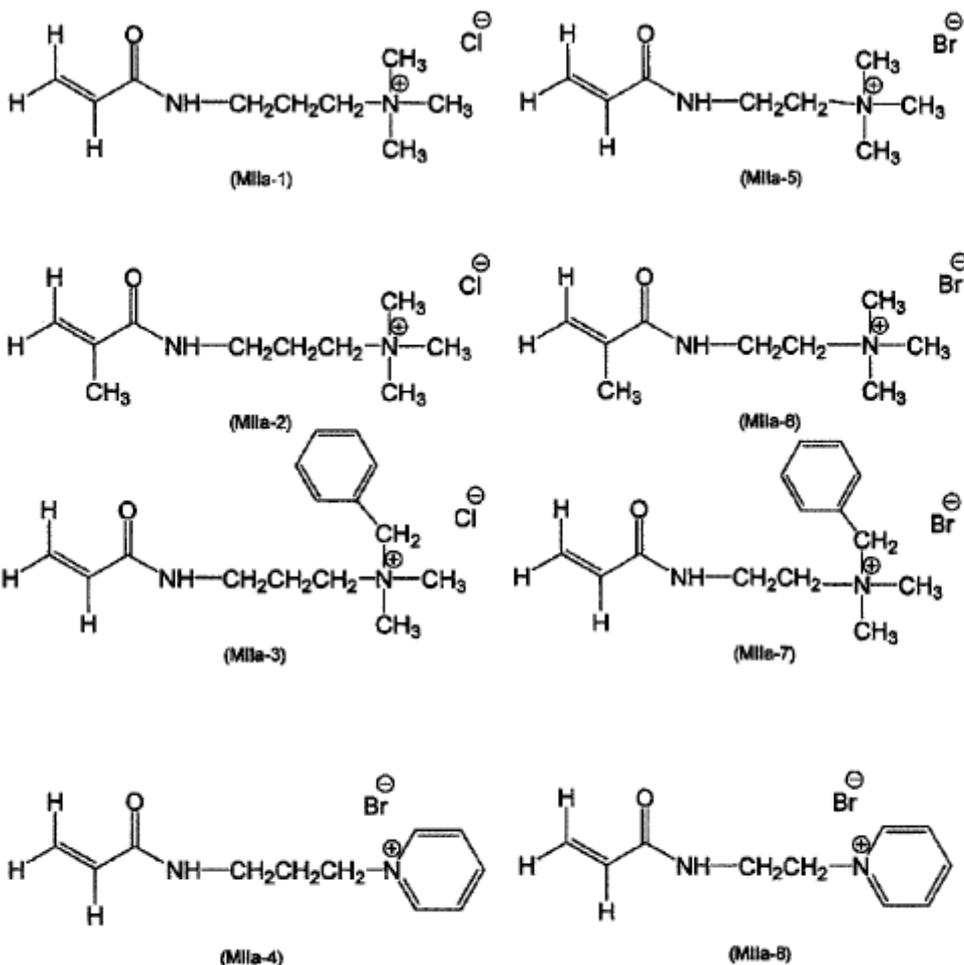
Se proporcionan ejemplos específicos del compuesto (monómero a base de estireno) expresado por la Fórmula general (MI-a) o (MII-a), pero la invención no se limita a los mismos.



El compuesto expresado por la Fórmula general (MI-a) puede sintetizarse en los métodos desvelados en los documentos JP2000-229917A y JP2000-212306A o en un método de conformidad con los métodos. Además, el compuesto se puede obtener como un producto disponible en el mercado de Sigma-Aldrich Co. LLC o similar.

En la composición de formación de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención, se pueden usar en combinación dos o más compuestos expresados por la Fórmula general (MI-a).

- 10 De acuerdo con la invención, el contenido del compuesto expresado por la Fórmula general (MI-a) es preferentemente de 1 parte en masa a 85 partes en masa, más preferentemente de 10 partes en masa a 80 partes en masa, y de forma particularmente preferida de 20 partes en masa a 75 partes en masa con respecto a 100 partes en masa del contenido de sólidos de la composición de formación de la película de intercambio iónico.
- 15 Se proporcionan ejemplos específicos del compuesto (monómero acrílico) expresado por la Fórmula general (MI-a), pero la invención no se limita a los mismos.



Estos compuestos se comercializan en Kohjin Film & Chemical Co., Ltd., KH Neochem Co., Ltd., Fluka AG, Sigma-Aldrich Co. LLC., Toagosei Co., Ltd., y se pueden sintetizar fácilmente mediante un método conocido.

5 En la composición de formación de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención, se pueden usar en combinación dos o más tipos de compuestos expresados por la Fórmula general (MII-a).

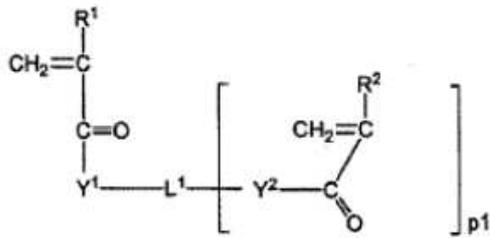
10 De acuerdo con la invención, el contenido del compuesto expresado por la Fórmula general (MII-a) es preferentemente de 10 partes en masa a 90 partes en masa, más preferentemente de 15 partes en masa a 85 partes en masa, y en especial, preferentemente de 20 partes en masa a 75 partes en masa con respecto a 100 partes en masa del contenido de sólidos de la composición de formación de la película de intercambio iónico.

(Monómero de reticulación)

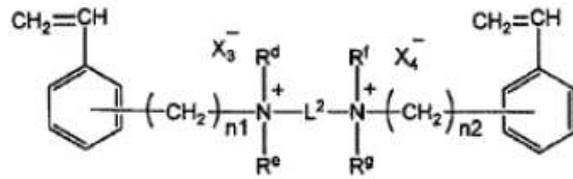
15 El monómero de reticulación es un compuesto (monómero de reticulación) que tiene 2 o más grupos etilénicamente insaturados, es un monómero multifuncional y, por consiguiente, puede realizarse la reacción de reticulación o curado. Por lo tanto, el compuesto se denomina agente de reticulación o agente de curado o agente de endurecimiento.

20 De acuerdo con la invención, se usa el compuesto expresado por la Fórmula general (MI-b) o (MII-b).

25 El compuesto expresado por la Fórmula general (MI-b) es éster acrílico o una acrilamida que tiene alta hidrosolubilidad. Entretanto, el compuesto expresado por la Fórmula general (MII-b) es un compuesto que tiene un grupo que incluye un grupo amonio cuaternario en un anillo de benceno de un esqueleto de estireno.

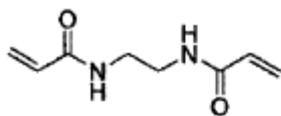


Fórmula general (MI-b)

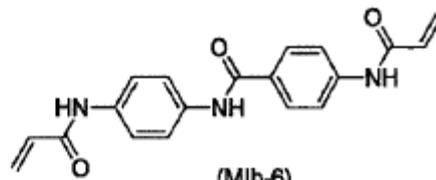


Fórmula general (MII-b)

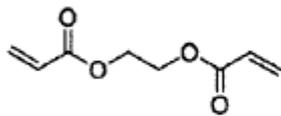
A continuación, se proporcionan ejemplos específicos del compuesto expresado por la Fórmula general (MI-b), pero la invención no se limita a los mismos.



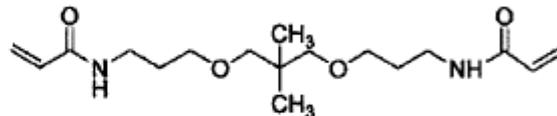
(Mib-1)



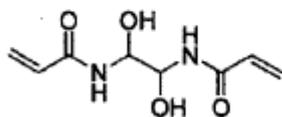
(Mib-6)



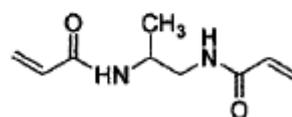
(IV-2)



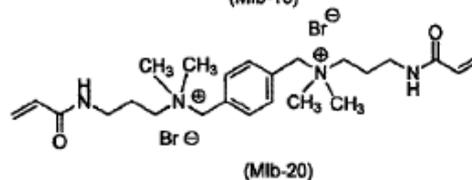
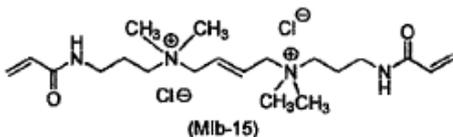
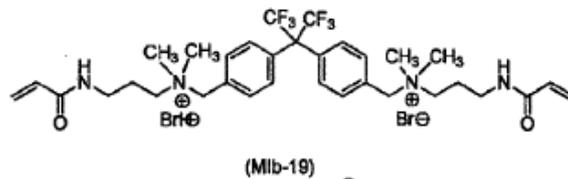
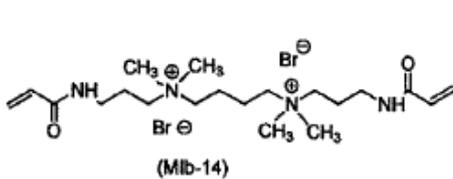
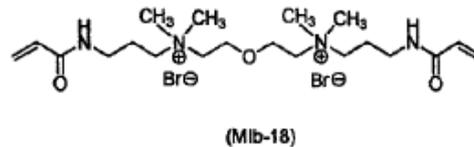
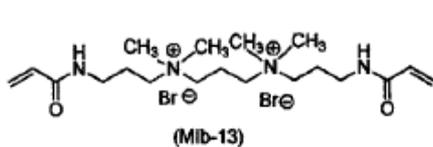
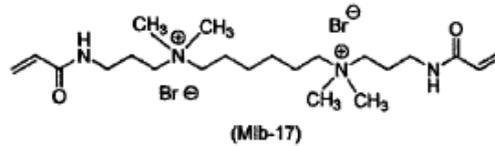
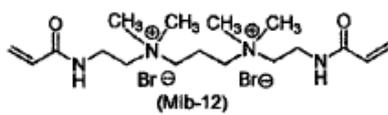
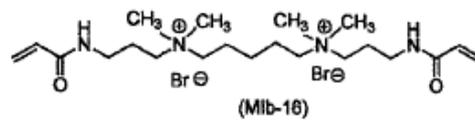
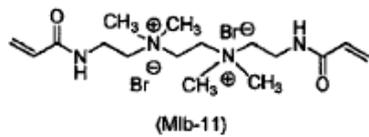
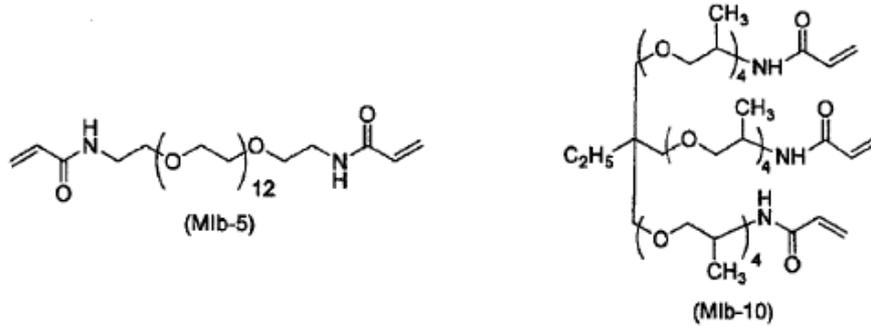
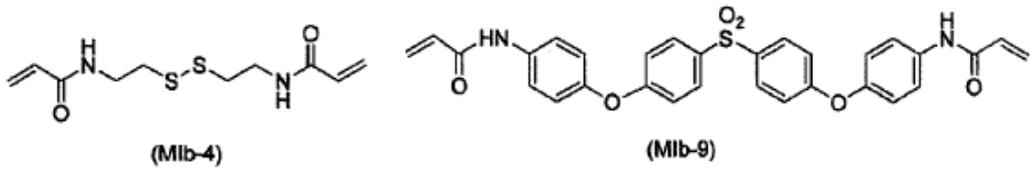
(IV-7)



(Mib-3)



(Mib-8)



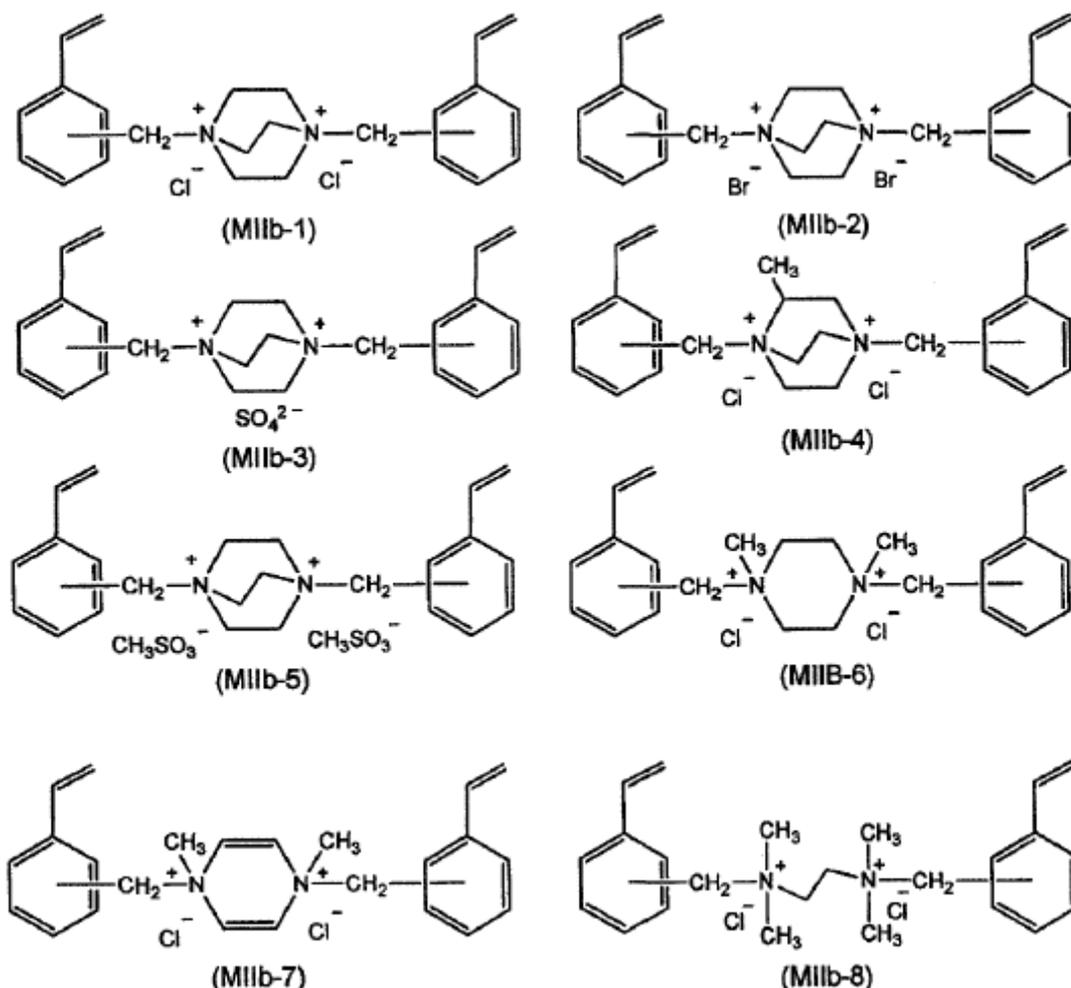
Estos compuestos se comercializan en Kohjin Film & Chemical Co., Ltd., KH Neochem Co., Ltd., Fluka AG, Sigma-Aldrich Co. LLC., Toagosei Co., Ltd., y se pueden sintetizar fácilmente mediante un método conocido.

- 5 En la composición de formación de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención, se pueden usar en combinación dos o más tipos de compuestos expresados por la Fórmula general (MI-b).

De acuerdo con la invención, el contenido del compuesto expresado por la Fórmula general (MI-b) es preferentemente de 15 partes en masa a 99 partes en masa, más preferentemente de 20 partes en masa a 90

partes en masa, y en especial, preferentemente de 25 partes en masa a 80 partes en masa con respecto a 100 partes en masa del contenido de sólidos de la composición de formación de la película de intercambio iónico.

5 A continuación, se proporcionan ejemplos específicos del compuesto expresado por la Fórmula general (MII-b), pero la invención no se limita a los mismos.



El compuesto expresado por la Fórmula general (MII-b) puede sintetizarse mediante un método desvelado en el documento JP2000-229917A o un método de conformidad con el método.

10 En la composición de formación de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención, se pueden usar en combinación 2 o más tipos del compuesto expresado por la Fórmula general (MII-b).

De acuerdo con la invención, el contenido del compuesto expresado por la Fórmula general (MII-b) es preferentemente de 10 partes en masa a 90 partes en masa, más preferentemente de 15 partes en masa a 85 partes en masa, y en especial, preferentemente de 25 partes en masa a 80 partes en masa con respecto a 100 partes en masa del contenido de sólidos de la composición de formación de la película de intercambio iónico.

15 En la composición de formación de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención, la relación molar del compuesto del monómero monofuncional expresado por la Fórmula general (MI-a) o Fórmula general (MII-a), o del compuesto del monómero de reticulación expresado por La Fórmula general (MI-b) o Fórmula general (MII-b) es preferentemente de 1/0,1 a 1/55, más preferentemente de 1/0,14 a 1/55, y en especial, preferentemente de 1/0,3 a 1/55 con respecto a un mol de monómero monofuncional/un mol de monómero de reticulación.

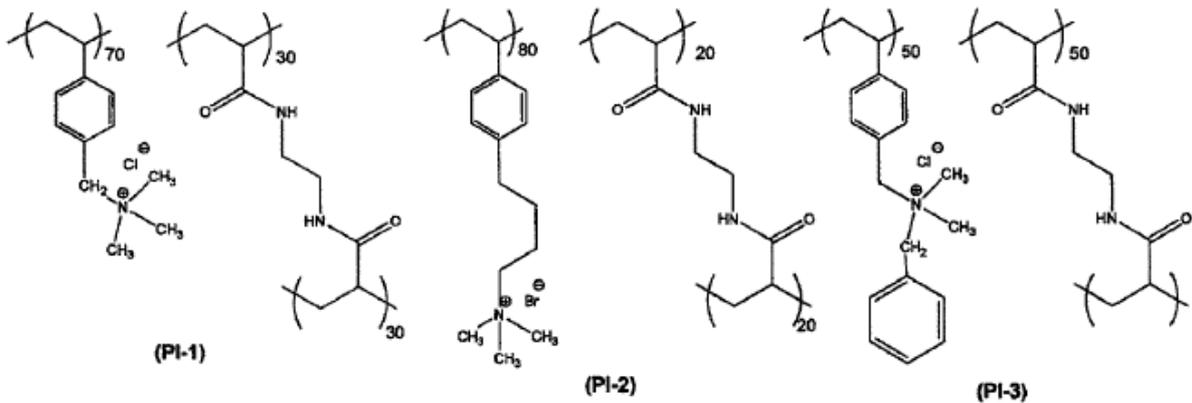
20 De acuerdo con la invención, la densidad de reticulación del polímero formado por la reacción entre el compuesto del monómero monofuncional expresado por la Fórmula general (MI-a) o Fórmula general (MII-a) y el compuesto del monómero de reticulación expresado por la Fórmula general (MI-b) o Fórmula general (MII-b) es preferentemente de 0,4 mmol/g a 2 mmol/g, más preferentemente de 0,5 mmol/g a 2 mmol/g, y en especial, preferentemente de 1,0 mmol/g a 2 mmol/g. Si la densidad de reticulación está en el intervalo descrito anteriormente, se prefiere que disminuya el contenido de agua de la película y, por lo tanto, se reduzca más la resistencia de la película.

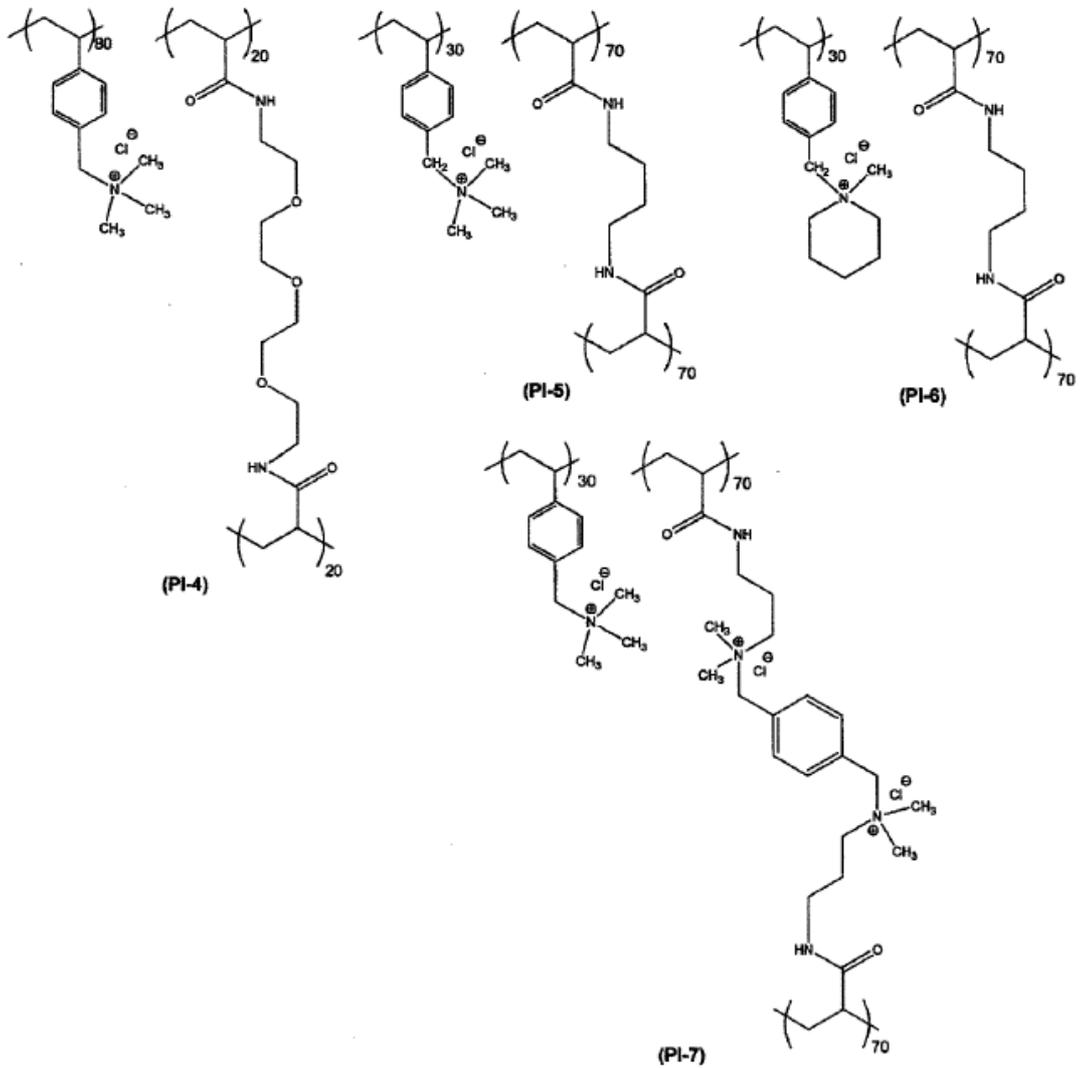
Además, de acuerdo con la invención, si las unidades constituyentes del polímero expresado por la Fórmula general (PI) y el polímero expresado por la Fórmula general (PII) son copolímeros de estireno-acrilo, pueden estar contenidas las unidades estructurales expresadas por la Fórmula general (MII-a) o (MII-b) además de las unidades estructurales expresadas por las Fórmulas generales (MI-a) y (MI-b), y también la unidad estructural expresada por la Fórmula general (MI-a) o (MI-b), además de las unidades estructurales expresadas por las Fórmulas generales (MII-a) y (MII-b). En este caso, la proporción de contenido del monómero monofuncional fundamental con respecto al monómero de reticulación no tiene que ser superior a la relación molar de un monómero monofuncional no fundamental.

- 5
- 10 De acuerdo con la invención, se prefiere que no se incluyan.

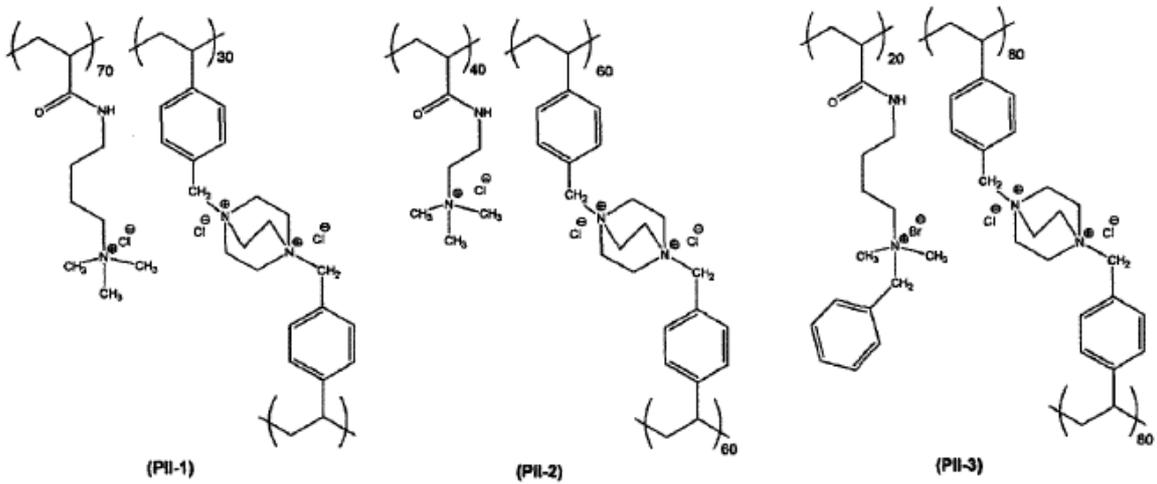
Dado que se forma una reticulación tridimensional, el peso molecular medio en masa del polímero que configura la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención es de varios cientos de miles o superior, y puede casi no medirse. En general, se considera infinito.

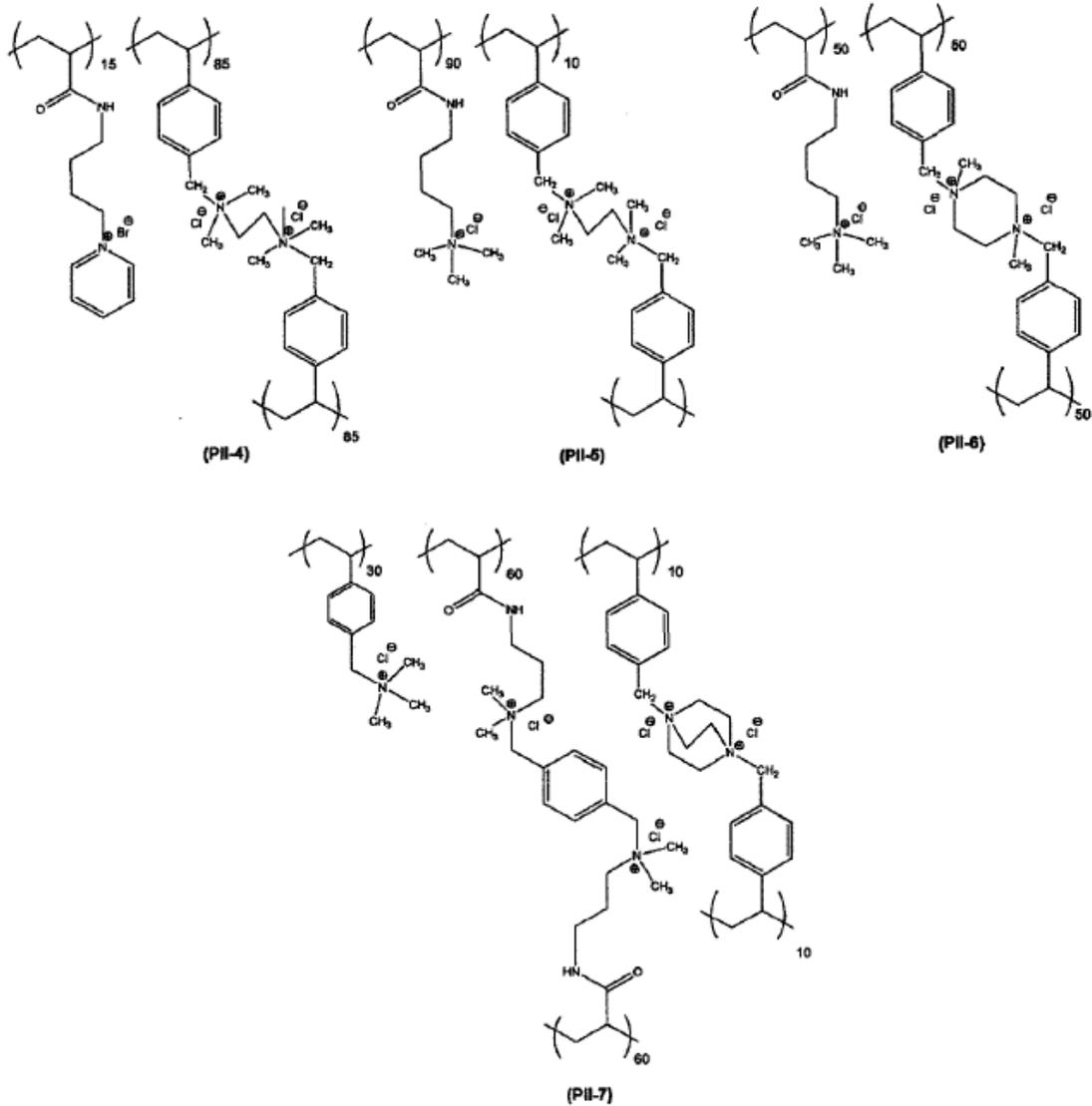
- 15 A continuación, se proporcionan ejemplos específicos del polímero expresado por la Fórmula general (PI) de acuerdo con la invención, pero la invención no se limita a los mismos.





Posteriormente, se proporcionan ejemplos específicos del polímero expresado por la Fórmula general (PII) de acuerdo con la invención, pero la invención no se limita a los mismos.

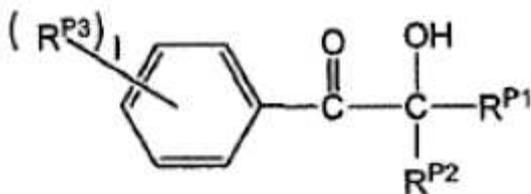




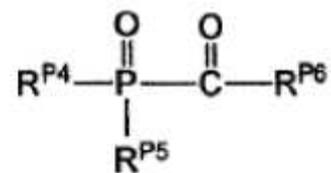
(Iniciador de la polimerización)

Se prefiere que la reacción de curado por polimerización de acuerdo con la invención se realice junto con el iniciador de la polimerización, en particular, un iniciador de fotopolimerización (iniciador de la polimerización por fotorradaicales), en vista de la efectividad.

Como iniciador de la fotopolimerización, se puede usar cualquier compuesto, pero de acuerdo con la invención, se prefiere el compuesto expresado por la siguiente Fórmula general (PPI-1) o (PPI-2).



Fórmula general (PPI-1)



Fórmula general (PPI-2)

En las Fórmulas generales (PPI-1) y (PPI-2), cada R^{P1} y R^{P2} representa independientemente un átomo de hidrógeno, un grupo alquilo, un grupo alcoxi o un grupo ariloxi, R^{P3} representa un grupo alquilo, un grupo alcoxi o un grupo ariloxi, y 1 representa un número entero de 0 a 5. R^{P4} representa un grupo alquilo, un grupo arilo, un grupo alquiltio o un grupo ariltio, R^{P5} representa un grupo alquilo, un grupo arilo, un grupo alquiltio, un grupo ariltio o un grupo acilo, y

R^{P6} representa un grupo alquilo o un grupo arilo. En el presente documento, R^{P1} y R^{P2} o R^{P4} y R^{P5} pueden unirse entre sí para formar un anillo.

R^{P1} y R^{P2} son preferentemente un grupo alquilo, un grupo alcoxi o un grupo arilo, se prefieren un grupo alquilo que tenga de 1 a 8 átomos de carbono, un grupo alcoxi que tenga de 1 a 8 átomos de carbono y un grupo arilo que tenga de 6 a 10 átomos de carbono, prefiriéndose más un grupo alquilo, prefiriéndose, en especial, metilo.

El anillo formado por R^{P1} y R^{P2} unidos entre sí es preferentemente un anillo de 5 o 6 miembros, y entre ellos, se prefieren más un anillo de ciclohexano y un anillo de ciclohexano.

R^{P3} es preferentemente un átomo de hidrógeno, un grupo alquilo que tiene de 1 a 18 átomos de carbono, un grupo alcoxi que tiene de 1 a 10 átomos de carbono y un grupo arilo que tiene de 6 a 12 átomos de carbono, un grupo alquilo, un grupo alcoxi y un grupo arilo puede tener un sustituyente, y los ejemplos del sustituyente incluyen un átomo de halógeno, un grupo alquilo, un grupo arilo, un grupo alcoxi y un grupo hidroxilo.

El grupo arilo es preferentemente un grupo fenilo.

Como R^{P3}, se prefieren un átomo de hidrógeno y un grupo alquilo que tiene de 1 a 4 átomos de carbono, y entre estos, y en el caso de un grupo alquilo, se prefiere un grupo hidroxietilo.

1 representa un número entero de 0 a 5 y es preferentemente un número entero de 0 a 3, y más preferentemente 0 o 1.

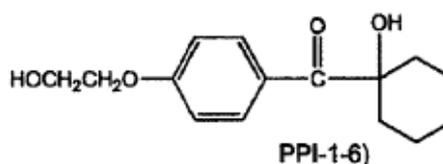
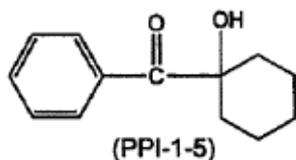
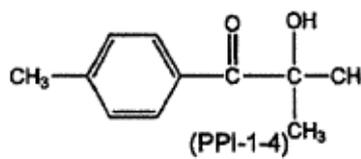
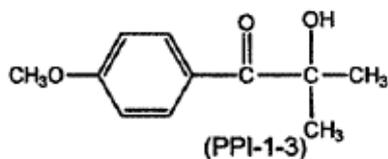
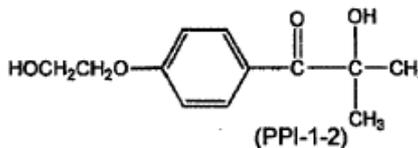
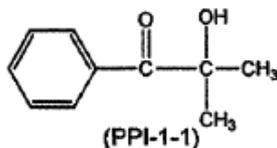
El grupo alquilo de R^{P4} a R^{P6} es preferentemente un grupo alquilo que tiene de 1 a 8 átomos de carbono, el grupo arilo de R^{P4} a R^{P6} es preferentemente un grupo arilo que tiene de 6 a 16 átomos de carbono, y el grupo arilo puede tener un sustituyente. Los ejemplos del sustituyente incluyen un átomo de halógeno, un grupo alquilo, un grupo arilo, un grupo alcoxi y un grupo hidroxilo.

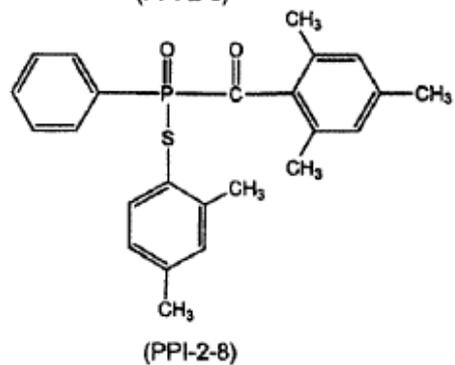
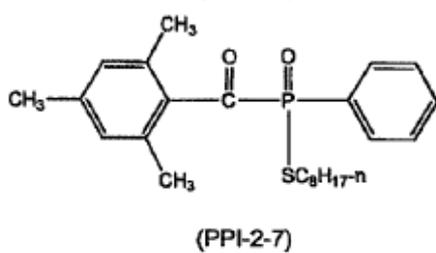
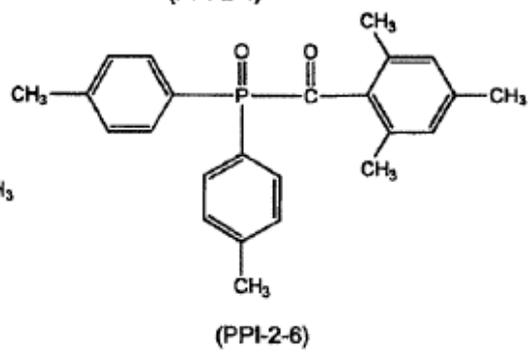
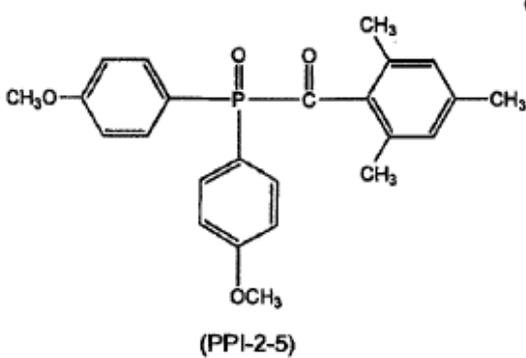
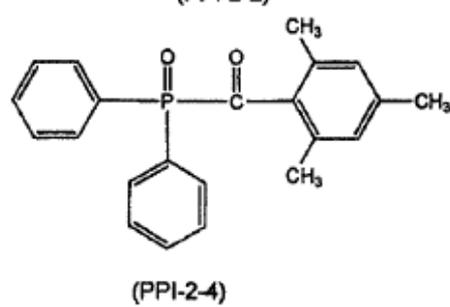
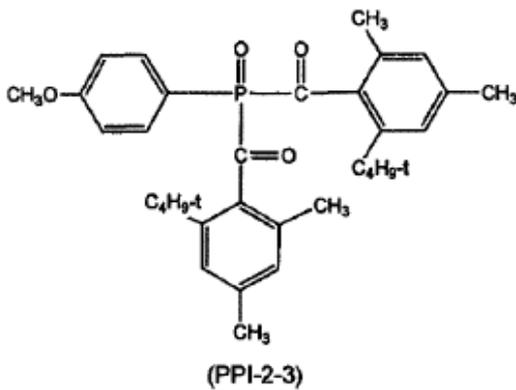
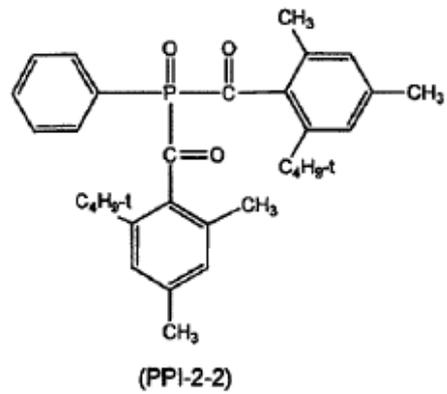
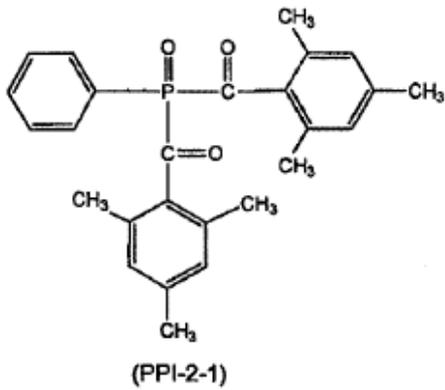
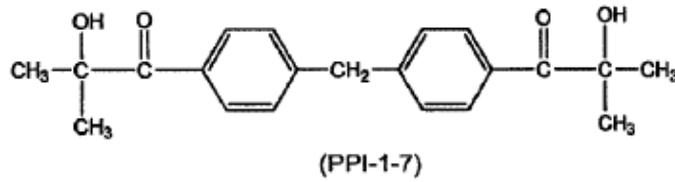
El grupo alquiltio o el grupo ariltio de R^{P4} y R^{P5} es preferentemente un grupo alquiltio que tiene de 1 a 12 átomos de carbono y un grupo ariltio que tiene de 6 a 12 átomos de carbono.

El grupo acilo de R^{P6} es preferentemente un grupo alquilcarbonilo y un grupo arilcarbonilo, prefiriéndose un grupo alquilcarbonilo que tenga de 2 a 12 átomos de carbono y un grupo arilcarbonilo que tenga 7 a 17 átomos de carbono. Entre estos, R^{P6} es preferentemente un grupo arilcarbonilo y, de forma particularmente preferida, un grupo fenilcarbonilo que puede tener un sustituyente. El grupo acilo puede tener un sustituyente, y los ejemplos del sustituyente incluyen un átomo de halógeno, un grupo alquilo, un grupo arilo, un grupo alcoxi y un grupo hidroxilo.

Se prefiere más el iniciador de la fotopolimerización expresado por la Fórmula general (PPI-1) que el iniciador de la fotopolimerización expresado por la Fórmula general (PPI-2).

A continuación, se proporcionan ejemplos específicos del iniciador de la fotopolimerización expresado por la Fórmula general (PPI-1) o (PPI-2), pero la invención no se limita a los mismos.



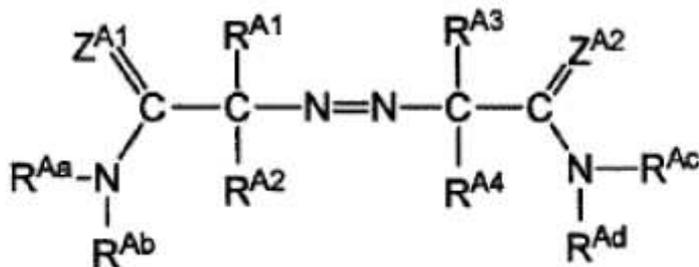


Los compuestos expresados por las Fórmulas generales (PPI-1) y (PPI-2) se pueden obtener en BASF Japón.

5 De acuerdo con la invención, el contenido del iniciador de la fotopolimerización expresado por la fórmula general

(PPI-1) o (PPI-2) es preferentemente de 0,1 partes en masa a 20 partes en masa, más preferentemente de 0,1 partes en masa a 10 partes en masa, y de forma particularmente preferida de 0,5 partes en masa a 5 partes en masa con respecto a 100 partes en masa del contenido total de sólidos de la composición de formación de la película de intercambio iónico.

- 5 De acuerdo con la invención, junto con el iniciador de la fotopolimerización, está preferentemente contenido un iniciador de la polimerización por radicales expresado por la siguiente Fórmula general (AZI), que genera calor y luz de forma radical.



Fórmula general (AZI)

- 10 En la fórmula general (AZI), cada uno de Z^{A1} y Z^{A2} representa independientemente =O o =N- R^{Ae} . Cada uno de R^{A1} a R^{A4} representa independientemente un grupo alquilo. Cada uno de R^{Aa} a R^{Ae} representa independientemente un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo. Al menos 2 de R^{Aa} , R^{Ab} y R^{Ae} , al menos 2 de R^{Ac} , R^{Ad} y R^{Ae} , y/o al menos 2 de R^{Aa} , R^{Ac} y R^{Ad} pueden unirse entre sí para formar anillos.

- 15 Los grupos alquilo de R^{A1} a R^{A4} tienen preferentemente de 1 a 8 átomos de carbono y más preferentemente tienen de 1 a 4 átomos de carbono, prefiriéndose, en especial, el metilo.

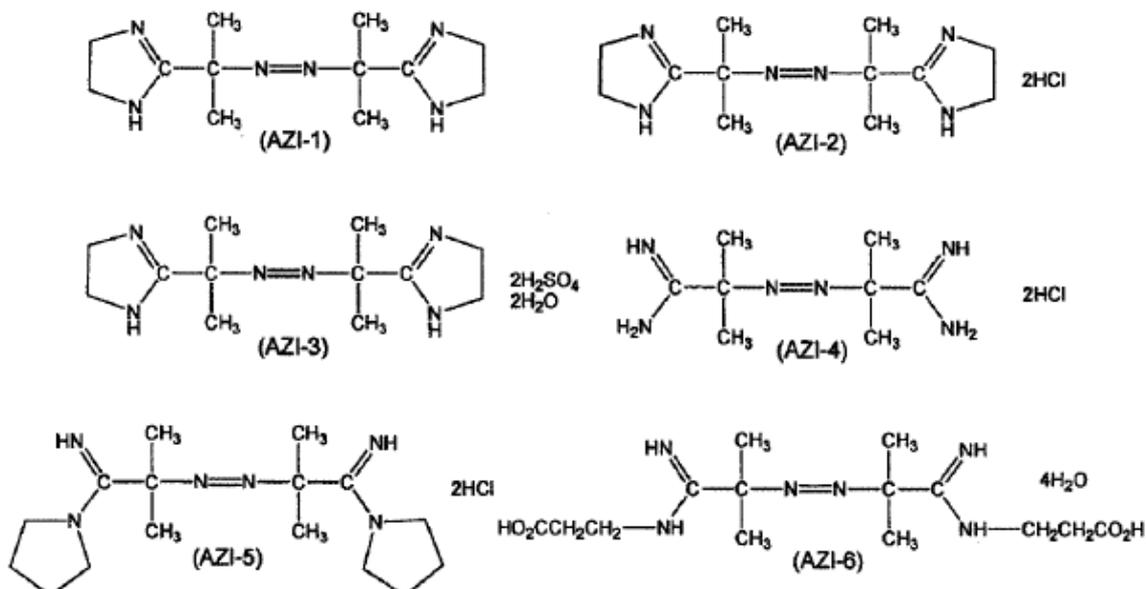
R^{Aa} a R^{Ad} son preferentemente átomos de hidrógeno y un grupo alquilo que tiene de 1 a 8 átomos de carbono.

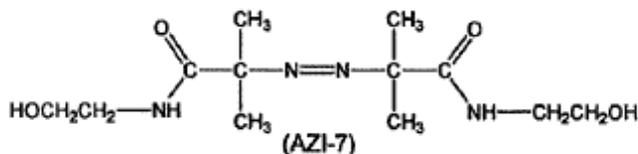
- 20 El anillo formado por R^{Aa} y R^{Ab} , R^{Ac} y R^{Ad} , R^{Aa} y R^{Ac} , y R^{Ab} y R^{Ad} unidos entre sí es preferentemente un anillo de 5 o 6 miembros.

- 25 El anillo formado por R^{Aa} y R^{Ae} , y R^{Ac} y R^{Ae} unidos entre sí es, de forma particularmente preferida, un anillo de imidazolina y, como anillo formado por R^{Aa} y R^{Ab} , y R^{Ac} y R^{Ad} unidos entre sí, se prefieren en especial un anillo de pirrolidina, un anillo de piperidina, un anillo de piperazina, un anillo de morfolina y un anillo de tiomorfolina.

Z^{A1} y Z^{A2} son preferentemente =N- R^{Ae} .

- 30 A continuación, se proporcionan ejemplos específicos del iniciador de la polimerización por radicales expresado por la Fórmula general (AZI), pero la invención no se limita a los mismos.





El iniciador de la polimerización por radicales expresado por la Fórmula general (AZI) se puede obtener de Wako Pure Chemical Industries, Ltd. y, por ejemplo, un compuesto ilustrativo (AZI-1) se encuentra disponible en el mercado como VA-061, un compuesto ilustrativo (AZI-2) se encuentra disponible en el mercado como VA-044, un compuesto ilustrativo (AZI-3) se encuentra disponible en el mercado como VA-046B, un compuesto ilustrativo (AZI-4) se encuentra disponible en el mercado como V-50, un compuesto ilustrativo (AZI-5) se encuentra disponible en el mercado como VA-067, un compuesto ilustrativo (AZI-6) se encuentra disponible en el mercado como VA-057 y un compuesto ilustrativo (AZI-7) se encuentra disponible en el mercado como VA086 (todos son nombres de productos).

De acuerdo con la invención, el contenido del iniciador de la polimerización por radicales expresado por la Fórmula general (AZI) es preferentemente de 0,1 partes en masa a 20 partes en masa, más preferentemente de 0,1 partes en masa a 10 partes en masa y de forma particularmente preferida de 0,5 partes en masa a 5 partes en masa con respecto a 100 partes en masa del contenido total de sólidos de la composición de formación de la película de intercambio iónico.

De acuerdo con la invención, se prefiere que el iniciador de la polimerización por radicales expresado por la Fórmula general (AZI) anterior genere radicales por calentamiento, y se prefiere que el curado por polimerización por radicales, que es una reacción posterior, se realice mediante calentamiento después de la reacción de curado por fotopolimerización descrita anteriormente.

(Disolvente)

La composición de formación de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención puede contener un disolvente.

De acuerdo con la invención, se prefiere más aumentar una densidad de carga, ya que el contenido del disolvente de la composición de formación de la película de intercambio iónico es menor. Por lo tanto, la solubilidad en el disolvente de reacción para realizar la polimerización y el curado resulta importante.

De acuerdo con la invención, el contenido del disolvente es preferentemente de 5 partes en masa a 60 partes en masa y más preferentemente 10 partes en masa a 40 partes en masa con respecto a 100 partes en masa de la composición total.

Se puede producir una película uniforme ajustando el contenido del disolvente en este intervalo sin un aumento de la viscosidad de la composición. Además, no se generan orificios del tamaño de un alfiler (diminutos orificios defectuosos).

Se usa preferentemente un disolvente que tenga una hidrosolubilidad del 5 % en masa o superior, y se prefiere que el disolvente se mezcle libremente con el agua. Por lo tanto, se prefiere el disolvente seleccionado entre agua y un disolvente hidrosoluble. Como disolvente hidrosoluble, se prefieren en particular un disolvente a base de alcohol, un disolvente a base de éter que sea un disolvente polar aprótico, un disolvente a base de amida, un disolvente a base de cetona, un disolvente a base de sulfóxido, un disolvente a base de sulfona, un disolvente a base de nitrilo y un disolvente orgánico a base de fósforo. Se prefieren el agua y el disolvente a base de alcohol. Los ejemplos del disolvente a base de alcohol incluyen metanol, etanol, isopropanol, *n*-butanol, etilenglicol, propilenglicol, dietilenglicol y dipropilenglicol. Entre los disolventes a base de alcohol, se prefieren más etanol, isopropanol, *n*-butanol y etilenglicol, siendo el isopropanol particularmente preferido. Estos disolventes se pueden usar solos, o se pueden usar en combinación dos o más tipos de los mismos. Se prefiere el uso de agua sola o agua en combinación con un disolvente hidrosoluble. Se prefiere más el uso de agua sola o agua en combinación con al menos uno de los disolventes a base de alcohol. Con respecto al uso de agua en combinación con el disolvente hidrosoluble, el isopropanol está preferentemente en el intervalo del 0,1 % en masa al 10 % en masa, más preferentemente en el intervalo del 0,5 % en masa al 5 % en masa y todavía más preferentemente en el intervalo del 1,0 % en masa al 2,0 % en masa con respecto al 100 % en masa de agua.

Además, los ejemplos del disolvente polar aprótico que es un disolvente preferido incluyen dimetilsulfóxido, dimetilimidazolidinona, sulfolano, *N*-metilpirrolidona, dimetilformamida, acetonitrilo, acetona, dioxano, tetrametilurea, hexametilfosforamida, piridina, propionitrilo, butanona, ciclohexanona, tetrahidrofurano, tetrahidropirano, diacetato de etilenglicol y γ -butirolactona, y entre estos, se prefieren dimetilsulfóxido, *N*-metilpirrolidona, dimetilformamida, dimetilimidazolidinona, sulfolano, acetona o acetonitrilo y tetrahidrofurano. Los disolventes se pueden usar solos, o

se pueden usar en combinación dos o más tipos de los mismos.

(Inhibidor de la polimerización)

5 Se prefiere hacer que la composición de formación de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención contenga un inhibidor de la polimerización para proporcionar estabilidad al líquido de recubrimiento cuando se forma la película de intercambio iónico.

10 Como inhibidor de la polimerización, se pueden usar inhibidores de la polimerización bien conocidos. Sus ejemplos incluyen un compuesto de fenol, un compuesto de hidroquinona, un compuesto de amina, un compuesto de mercapto y un compuesto de radical nitroxilo.

15 Los ejemplos del compuesto de fenol incluyen un fenol impedido (fenol que tiene un grupo *t*-butilo en posición *orto*, y representativamente 2,6-di-*t*-butil-4-metilfenol) y bisfenol. Los ejemplos específicos del compuesto de hidroquinona incluyen hidroquinona de monometiléter. Los ejemplos específicos del compuesto de amina incluyen *N*-nitroso-*N*-fenil-hidroxilamina y *N,N*-dietilhidroxilamina. Los ejemplos específicos del compuesto de radical nitroxilo incluyen 4-hidroxi TEMPO (radical libre 1-oxilo de 4-hidroxi-2,2,6,6-tetrametilpiperidina).

20 Además, estos inhibidores de la polimerización se pueden usar individualmente, se pueden usar en combinación dos o más tipos de los mismos.

25 Un contenido del inhibidor de la polimerización es preferentemente de 0,01 partes en masa a 5 partes en masa, más preferentemente de 0,01 partes en masa a 1 parte en masa, y todavía más preferentemente de 0,01 partes en masa a 0,5 partes en masa con respecto a 100 partes en masa del contenido total de sólidos en la composición de formación de la película de intercambio iónico.

(Otros componentes)

30 La composición de formación de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención puede incluir un tensioactivo, un agente dispersante polimérico, un inhibidor de cráteres y similares, además de los componentes descritos anteriormente.

[Tensioactivo]

35 Para ajustar las propiedades físicas de la película, se pueden añadir diversos compuestos poliméricos a la composición de formación de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención. Como compuestos poliméricos, se pueden usar un polímero acrílico, una resina de poliuretano, una resina de poliamida, una resina de poliéster, una resina epoxi, una resina de fenol, una resina de policarbonato, una resina de polivinil-butiral, una resina de polivinil-formal, una goma laca, una resina vinílica, una resina acrílica, una resina a base de caucho, ceras y otra resina natural. Además, se pueden usar dos o más tipos de los mismos en combinación.

40

Además, se puede añadir un tensioactivo no iónico, un tensioactivo catiónico, un tensioactivo de flúor orgánico, o similares, para ajustar las propiedades físicas líquidas.

45 Los ejemplos específicos del tensioactivo incluyen un tensioactivo aniónico tal como una sal de ácido alquilbencenosulfónico, una sal de ácido alquilnaftalensulfónico, una sal de ácido graso superior, una sal de ácido sulfónico de éster de ácido graso superior, una sal de éster de ácido sulfúrico de éter de alcohol superior, una sal de ácido sulfónico de éter de alcohol superior, una sal de ácido alquilcarboxílico de alquilsulfona-amida superior y una sal de ácido alquilfosfórico, y un tensioactivo no iónico tal como alquiléter de polioxietileno, alquilfeniléter de polioxietileno, éster de ácido graso de polioxietileno, éster de ácido graso de sorbitán, un aducto de óxido de acetilenglicol, un aducto de óxido de etileno de glicerina y un éster de ácido graso de polioxietilensorbitán. Otros de sus ejemplos incluyen un tensioactivo anfótero tal como una alquilbetaína o una amida-betaína, un tensioactivo a base de silicona y un tensioactivo a base de flúor. El tensioactivo se puede seleccionar adecuadamente entre el tensioactivo bien conocido en la técnica y sus derivados.

50

55 [Agente dispersante polimérico]

La composición de formación de la película de intercambio iónico de la invención puede contener un dispersante polimérico.

60

Los ejemplos específicos del dispersante polimérico incluyen polivinilpirrolidona, alcohol polivinílico, metiléter polivinílico, óxido de polietileno, polietilenglicol, polipropilenglicol y poliacrilamida. Entre estos, se prefiere usar polivinilpirrolidona.

65

[Inhibidor de cráteres]

Un inhibidor de cráteres también se denomina acondicionador de superficie, un agente de nivelación o un agente de deslizamiento, y previene las irregularidades sobre la superficie de una película, y sus ejemplos incluyen un compuesto en la estructura de polisiloxano organomodificado (mezcla de poliéter-siloxano y poliéter), un copolímero de polisiloxano modificado con poliéter y un copolímero modificado con silicio.

Los ejemplos de los productos disponibles en el mercado incluyen Tego Glide 432, Tego Glide 110, Tego Glide 130, Tego Glide 406, Tego Glide 410, Tego Glide 411, Tego Glide 415, Tego Glide 420, Tego Glide 435, Tego Glide 440, Tego Glide 450, Tego Glide 482, Tego Glide A115, Tego Glide B1484 y Tego Glide ZG400 (todos son nombres de productos), fabricados por Evonik industries GmbH.

Preferentemente, el contenido del agente preventivo del cráteres es de 0 partes en masa a 10 partes en masa, más preferentemente de 0 partes en masa a 5 partes en masa, y todavía más preferentemente de 1 parte en masa a 2 partes en masa con respecto a 100 partes en masa del contenido total de sólidos de la composición de formación de la película de intercambio iónico.

Además de lo anterior, la composición de formación de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención puede contener, si es necesario, por ejemplo, un mejorador de la viscosidad o un conservante.

<Método de producción del polímero de acuerdo con la invención>

En la producción del polímero de acuerdo con la invención, la composición de formación de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención se fotopolimeriza y se cura.

Se prefiere que, tras la reacción de curado de fotopolimerización en presencia del iniciador de la polimerización por radicales expresado por la Fórmula general (AZI), la reacción posterior se realice mediante calentamiento, para completar la reacción de curado de polimerización.

En la producción de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención, el monómero monofuncional expresado por la Fórmula general (MI-a) o (MII-a) y el monómero de reticulación expresado por la Fórmula general (MI-b) o (MII-b) se polimerizan y se curan en combinación de acuerdo con la invención.

En general, la reacción se realiza calentando en presencia del iniciador de la polimerización por radicales. Sin embargo, de acuerdo con la invención, la reacción se realiza por irradiación con un rayo de energía en presencia de un iniciador de fotopolimerización.

De acuerdo con la invención, se prefiere curar y hacer reaccionar la composición de formación de la película de intercambio iónico que contiene el iniciador de fotopolimerización expresado por la Fórmula general (PPI-1) o (PPI-2), y generar la formación de una película.

Se prefiere que la composición de formación de la película de intercambio iónico contenga además un iniciador de la polimerización por radicales expresado por la Fórmula general (AZI). Por consiguiente, tras la reacción de curado de polimerización por fotorradicales, como reacción posterior, se realiza la polimerización por radicales, para ajustar el grado de polimerización de la reacción de polimerización o completar la reacción de polimerización. Siempre que el iniciador de la polimerización a base de azo incluya un anillo aromático, los radicales se generan por luz o calor, pero de acuerdo con la invención, se prefiere que la reacción se realice por calor, es decir, por calentamiento.

En concreto, de acuerdo con la invención, como se ha descrito anteriormente, la reacción se realiza preferentemente en el disolvente, y el contenido del disolvente es preferentemente de 5 partes en masa a 60 partes en masa, y más preferentemente de 10 partes en masa a 40 partes en masa con respecto a 100 partes en masa, que es la masa total de la composición de formación de la película de intercambio iónico.

Además, el disolvente es preferentemente agua o un disolvente hidrosoluble, y preferentemente se cura y se hace reaccionar tras recubrir y/o impregnar el soporte con la composición de formación de la película de intercambio iónico. Además, la reacción de curado descrita anteriormente es preferentemente una reacción de curado en la que la composición de formación de la película de intercambio iónico se irradia con un rayo de energía y se calienta para su polimerización. Además, el calentamiento se realiza preferentemente sobre la película formada por irradiación con un rayo de energía.

La temperatura de calentamiento de acuerdo con la invención es preferentemente de 40 °C a 120 °C, más preferentemente de 60 °C a 100 °C y de forma particularmente preferida de 75 °C a 90 °C. Además, el tiempo de calentamiento en caso de que el calentamiento se realice tras la irradiación con un rayo de energía es preferentemente de 1 minuto a 12 horas, más preferentemente de 1 minuto a 8 horas y de forma particularmente preferida de 1 minuto a 6 horas.

El método de producción del polímero de acuerdo con la invención se describe en detalle en el método de producción de la película de intercambio iónico que se describe más adelante.

<Soporte>

5 Para hacer que la película tenga una resistencia mecánica satisfactoria, se puede usar un soporte como material de refuerzo de la película, y de acuerdo con la invención, se usará un soporte poroso (denominado de aquí en adelante en el presente documento "soporte poroso"). El soporte poroso puede configurar una parte de la película mediante recubrimiento y/o impregnación con la composición descrita anteriormente, y sometiéndose a la reacción de curado.

10 Los ejemplos del soporte poroso como material de refuerzo incluyen un producto textil tejido sintético, un producto textil no tejido sintético, una película en forma de esponja o una película que tiene orificios pasantes finos. Los ejemplos del material de formación del soporte poroso de acuerdo con la invención pueden incluir una película porosa a base de poliolefina (polietileno, polipropileno y similares), poliacrilonitrilo, cloruro de polivinilo, poliéster, poliamida y copolímeros de los mismos; o películas porosas a base de polisulfona, poliétersulfona, polifenilensulfona, polifenilensulfuro, poliimida, polieterimida, poliamida, poliamidoimida, poliacrilonitrilo, policarbonato, poliacrilato, acetato de celulosa, polipropileno, poli(4-metil-1-penteno), fluoruro de polivinilideno, politetrafluoroetileno, polihexafluoropropileno, policlorotrifluoroetileno y copolímeros de los mismos. Entre éstos, de acuerdo con la invención, se prefiere poliolefina.

20 Los soportes porosos y los materiales de refuerzo disponibles en el mercado se comercializan, por ejemplo, de Japan Vilene Company, Ltd., Freudenberg Filtration Technologies SE & Co. KG (material Novatexx) y Sefar AG. En un aspecto en el que se usa el material de refuerzo poroso en la composición de formación de la película de intercambio iónico antes del curado, se prefiere que el material de refuerzo poroso pueda permitir que la longitud de onda de la irradiación en la reacción de curado pase y/o pueda penetrar a través del material de refuerzo poroso de modo que la composición de formación de la película de intercambio iónico se cure en una etapa (ii) descrita a continuación.

30 El soporte poroso tiene preferentemente hidrofiliidad. Por lo tanto, se puede usar un método general tal como un tratamiento de descarga en corona, un tratamiento con ozono, un tratamiento con ácido sulfúrico y un agente de acoplamiento de silano como medios para proporcionar hidrofiliidad al soporte.

[Método de producción para la película de intercambio iónico]

35 De aquí en adelante, en el presente documento, se describe en detalle el método de producción de una película de intercambio iónico de acuerdo con la invención.

40 Los ejemplos de la producción de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención incluyen un método de formación de la película de intercambio iónico mediante el recubrimiento de un soporte con un líquido de recubrimiento hecho de la composición de formación de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención que tiene al menos un monómero monofuncional expresado por la Fórmula general (MI-a) o (MII-a) y el monómero de reticulación expresado por la Fórmula general (MI-b) o (MII-b) e irradiando el soporte recubierto con radiación activa.

45 Además, la composición de formación de la película de intercambio iónico como se ha descrito anteriormente se usa como la composición de formación de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención.

50 La condición de temperatura de la polimerización de formación de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención no se limita a una en particular, pero la temperatura es preferentemente de -30 °C a 100 °C, más preferentemente de -10 °C a 80 °C y de forma particularmente preferida de 5 °C a 60 °C.

De acuerdo con la invención, el gas tal como el aire o el oxígeno pueden coexistir en el momento de la formación de la película, pero se prefiere que la película se forme bajo una atmósfera de gas inerte.

55 La composición de la invención se puede aplicar a la capa de soporte porosa en un método arbitrario pero apropiado, por ejemplo, recubrimiento de cortina, recubrimiento por extrusión, recubrimiento con cuchilla de aire, recubrimiento deslizante, recubrimiento de rodillo de presión, recubrimiento de rodillo delantero, recubrimiento de rodillo inverso, recubrimiento por inmersión, recubrimiento de beso, recubrimiento con varilla o recubrimiento por pulverización. El recubrimiento de múltiples capas puede hacerse simultánea o consecutivamente. Para el recubrimiento simultáneo de múltiples capas, se prefieren el recubrimiento de cortina, el recubrimiento deslizante, el recubrimiento de boquilla de ranura ancha y el recubrimiento por extrusión.

65 Por consiguiente, en un método preferido, la composición se aplica de manera continua a un soporte móvil y, en un método más preferido, la producción se realiza mediante una unidad de producción que incluye una parte de recubrimiento de composición, una fuente de irradiación para curar la composición, una parte de recogida de la película y medios para mover el soporte desde la parte de recubrimiento de composición a la fuente de irradiación y

la parte de recogida de la película.

De acuerdo con la invención, la película de intercambio iónico se crea pasando por los procesos de (i) recubrimiento y/o impregnación del soporte poroso con la composición de formación de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención; (ii) curar y hacer reaccionar la composición por irradiación de luz, y calentar además de la irradiación de luz; y (iii) retirar la película del soporte como se desee.

Además, en (ii), el calentamiento se puede realizar al mismo tiempo de la irradiación de luz o se puede realizar sobre la película tras la formación por irradiación de luz.

[Irradiación con un rayo de energía]

La parte de recubrimiento de la composición de formación de la película de intercambio iónico se puede disponer en la posición de la corriente superior con respecto a la fuente de irradiación, y la fuente de irradiación se dispone en la posición de la corriente superior con respecto a una estación de recogida de la película compleja.

Para tener suficiente fluidez para realizar el recubrimiento con una máquina de recubrimiento de alta velocidad, la viscosidad de la composición de formación de la película de intercambio iónico medida a 35 °C es preferentemente inferior a 4.000 mPa·s, más preferentemente de 1 mPa·s a 1.000 mPa·s, y lo más preferentemente de 1 mPa·s a 500 mPa·s. En el caso de un método de recubrimiento tal como un recubrimiento de perlas deslizantes, la viscosidad medida a 35 °C es preferentemente de 1 mPa·s a 100 mPa·s.

Si se usa una técnica de recubrimiento apropiada, el soporte que se mueve a una velocidad superior a 15 m/min, por ejemplo, a una velocidad superior a 20 m/min, puede recubrirse con la composición de formación de la película de intercambio iónico. De lo contrario, la velocidad puede alcanzar, por ejemplo, 60 m/min, 120 m/min o el máximo de 400 m/min.

En particular, para proporcionar la resistencia mecánica del soporte y de la película, por ejemplo, para mejorar la humectabilidad y la resistencia a la adhesión del soporte, se prefiere la realización de un tratamiento tal como un tratamiento de descarga en corona, un tratamiento de descarga lumínica, un tratamiento de llama y un tratamiento de irradiación ultravioleta sobre el soporte antes del recubrimiento.

En la reacción de curado mediante polimerización por radicales, el curado se realiza rápidamente mediante calentamiento además de la irradiación de luz, y la irradiación de luz de forma que se puede formar una película de intercambio iónico, por ejemplo, en 30 segundos.

El curado debido a la irradiación de luz de la composición de formación de la película de intercambio iónico se realiza preferentemente en 60 segundos, más preferentemente se realiza en 15 segundos, de forma particularmente preferida se realiza en 5 segundos y lo más preferentemente se realiza en 3 segundos después de recubrirse el soporte con la composición de formación de la película de intercambio iónico.

El tiempo de irradiación de la luz es preferentemente inferior a 10 segundos, más preferentemente inferior a 5 segundos, de forma particularmente preferida inferior a 3 segundos y lo más preferentemente inferior a 2 segundos. En el método continuo, la irradiación se realiza de manera continua, se puede determinar el tiempo de reacción de curado dependiendo de la velocidad a la que la composición de formación de la película de intercambio iónico pasa a través del haz de irradiación y se mueve.

Cuando se usa luz ultravioleta (luz UV) que tiene alta intensidad para la reacción de curado, se puede generar una cantidad considerable de calor. Por lo tanto, para evitar el sobrecalentamiento, se usa preferentemente aire de refrigeración para una lámpara y/o para el soporte/la película. Con frecuencia, se aplica una dosis significativa de luz IR junto con la luz UV. Por lo tanto, se prefiere aplicar la luz UV de la que se corta la luz IR usando un filtro de una placa de cuarzo reflectante de IR.

Se prefiere usar luz infrarroja en el curado. Una longitud de onda de irradiación preferida es preferentemente una longitud de onda de absorción que es absorbida por un iniciador de fotopolimerización arbitrario y, por ejemplo, se prefieren UV-A (400 nm a 320 nm), UV-B (320 nm a 280 nm) y UV-C (280 nm a 200 nm).

Los ejemplos de la fuente de luz ultravioleta incluyen una lámpara de arco de mercurio, una lámpara de arco de carbono, una lámpara de mercurio de baja presión, una lámpara de mercurio de presión media, una lámpara de mercurio de alta presión, una lámpara de arco de plasma de flujo de remolino, una lámpara de haluro metálico, una lámpara de xenón, una lámpara de tungsteno, una lámpara halógena, un láser y un diodo emisor de luz ultravioleta. Se prefieren en particular las lámparas emisoras de luz ultravioleta del tipo de vapor de mercurio de presión media o alta. Además, para modificar un espectro de emisión de la lámpara, puede existir un aditivo tal como un haluro metálico. En casos generales, es particularmente apropiada una lámpara que tenga una emisión de luz máxima en un intervalo de 200 nm a 450 nm.

La salida de energía de la fuente de irradiación es preferentemente de 20 W/cm a 1.000 W/cm y más preferentemente de 40 W/cm a 500 W/cm, la dosis de exposición puede ser superior o inferior al intervalo anterior, si es necesario. El grado de curado de la película de intercambio iónico obtenida puede controlarse ajustando la dosis de exposición. La dosis de exposición se mide mediante un radiómetro UV de alta energía (UV Power Puck™ fabricado por EIT-Instrument Markets) en el intervalo UV-A indicado en este dispositivo, y es preferentemente de 40 mJ/cm² o superior, más preferentemente de 100 mJ/cm² a 2.000 mJ/cm², y de forma particularmente preferida de 150 mJ/cm² a 1.500 mJ/cm². El tiempo de exposición se puede seleccionar libremente, pero es preferentemente más corto y normalmente inferior a 2 segundos.

10 Cuando la velocidad de recubrimiento es alta, para hacer que la resistencia de exposición alcance un nivel deseado, se prefiere usar múltiples fuentes de irradiación. Las dosis de exposición de estas fuentes de irradiación pueden ser idénticas o diferentes entre sí.

<Características de la película de intercambio iónico>

15 La película de intercambio iónico ideal tiene baja resistencia de película, baja permeabilidad al agua y una alta velocidad de transporte (selectividad de separación de intercambio catiónico/aniónico). A medida que la densidad de carga por unidad de peso molecular de la estructura es mayor, la resistencia de la película, en general, se reduce, la velocidad de transporte aumenta y la densidad de reticulación aumenta, de modo que se puede reducir la permeabilidad al agua.

20 De acuerdo con la invención, la proporción del volumen de poros de la película es preferentemente del 0 % al 2 %, más preferentemente del 0 % al 1 %, y de forma particularmente preferida del 0 % al 0,1 %.

25 La proporción del volumen de poros de la película puede ajustarse mediante una concentración del contenido de sólidos del líquido de recubrimiento o del disolvente de recubrimiento.

30 Si la proporción del volumen de poros de la película está en el intervalo descrito anteriormente, se genera la función de impedir la transmisión libre de iones y agua, siendo compatibles entre sí una baja resistencia de película y una baja permeabilidad al agua. Por lo tanto, se prefiere que la proporción del volumen de poros de la película esté en el intervalo descrito anteriormente.

35 En este caso, la expresión "fracción del volumen de poros" se refiere a un valor calculado a partir de la siguiente Fórmula (b) cuando se mide la resistencia eléctrica de la película de intercambio iónico (denominada de aquí en adelante en el presente documento simplemente "película" en algunos casos) en soluciones de NaCl que tienen cinco concentraciones diferentes, se toma la conductividad eléctrica de la película al sumergir la película en la solución de NaCl de cada concentración como A (S/cm²), se toma la conductividad eléctrica por unidad de espesor de la película en la solución de NaCl de cada concentración como B (S/cm²), y el corte de Y sobre A en un eje Y, y sobre B en un eje X se toma como C.

40

$$\text{Proporción del volumen de poros} = A - C/B$$

45 Los poros de acuerdo con la invención son más pequeños que el límite de detección de un microscopio electrónico de barrido (SEM) típico, y no se pueden detectar ni siquiera usando un Jeol JSM-6335F, que es un SEM de tipo de emisión de campo que tiene un límite de detección de 5 nm y, por lo tanto, se considera que un tamaño de poro medio es inferior a 5 nm.

50 Además, dado que los poros son inferiores al límite de detección del SEM, los poros pueden considerarse como espacios entre átomos. Además, los "poros" se usan en el sentido que incluye los huecos entre átomos.

Se considera que estos poros están formados por un disolvente, agua neutralizada o una sal en la composición en el momento del curado de la composición de formación de la película de intercambio iónico, o la retracción en el momento del curado de la composición.

55 Estos poros son una parte hueca en una forma arbitraria, existiendo dentro de la película de intercambio iónico, e incluyen tanto orificios independientes como orificios continuos. Los "orificios independientes" significan poros independientes entre sí, y pueden estar en contacto con una superficie arbitraria de la película. Entretanto, los "orificios continuos" significan poros en los que los orificios independientes están conectados entre sí. Los orificios continuos pueden ser microporos que pueden continuarse desde una superficie arbitraria de la película a otras superficies en una forma de paso.

60

La capacidad de intercambio iónico de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención es preferentemente de 2,5 meq/g o superior, más preferentemente de 3,0 meq/g o superior, y todavía más preferentemente de 4,0 meq/g o superior con respecto a la masa seca total del soporte poroso que tiene la película de intercambio iónico. Además, el límite superior no se limita a uno en particular, pero es preferentemente de 9,0 meq/g o inferior.

65

La densidad de carga de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención es preferentemente de 3,0 meq/m² o superior, más preferentemente de 3,5 meq/m² o superior, y de forma particularmente preferida de 4,2 meq/m² o superior con respecto a la superficie de una película seca. El límite superior no se limita a uno en particular, pero es preferentemente de 9,0 meq/m² o inferior.

5 Las propiedades permselectivas con respecto a un anión tal como Cl⁻ de la película de intercambio iónico (película intercambiadora de aniones) de acuerdo con la invención es preferentemente superior a 0,90, más preferentemente superior a 0,93, de forma particularmente preferida superior a 0,95 y está sumamente cerca de 1,0 de un valor teórico que es un valor ideal.

10 La resistencia eléctrica (resistencia de película) de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención es preferentemente inferior a 2 Ω·cm², más preferentemente inferior a 1,5 Ω·cm² y de forma particularmente preferida inferior a 1,3 Ω·cm². Se prefiere una resistencia eléctrica inferior, y si la resistencia eléctrica es el límite inferior del intervalo de realización, se prefiere conseguir el efecto de la invención. El valor más bajo de la resistencia eléctrica (resistencia de película) no se limita a uno en particular, pero un valor de 0,1 Ω·cm² o superior es realista.

15 Una relación de hinchamiento (una tasa de cambio dimensional debida al hinchamiento) de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención en agua es preferentemente inferior al 30 %, más preferentemente inferior al 15 % y de forma particularmente preferida inferior al 8 %. La relación de hinchamiento puede controlarse ajustando las condiciones de reacción de la reacción de curado.

20 La capacidad de intercambio iónico, la resistencia eléctrica y las propiedades permselectivas, así como el porcentaje de relación de hinchamiento en agua se pueden medir mediante el método desvelado en "Membrane Science", 319, 217 a 218 (2008), escrito por Nakagaki Masayuki, un método experimental de himenología, páginas 193 a 195 (1984).

25 La permeabilidad al agua de la película de intercambio iónico de acuerdo con la invención es preferentemente de 15 x 10⁻⁵ ml/m²/Pa/h o inferior, más preferentemente de 10 x 10⁻⁵ ml/m²/Pa/h o inferior, y de modo particularmente preferido de 8 x 10⁻⁵ ml/m²/Pa/h o inferior. El límite inferior de la permeabilidad al agua no se limita a uno en particular, pero 0,5 x 10⁻⁵ ml/m²/Pa/h o superior es realista.

Además, la permeabilidad al agua se puede obtener mediante un método descrito en un ejemplo.

[Módulo de película de separación - dispositivo de intercambio iónico]

35 La película de intercambio iónico de acuerdo con la invención es una película compuesta obtenida combinando un soporte poroso, y se prefiere formar un módulo de película de separación en el que se use la película compuesta. Además, se puede formar un dispositivo de intercambio iónico que tenga medios para realizar el intercambio iónico, la desalinización y el perfeccionamiento mediante el uso de una película de intercambio iónico, una película compuesta o un módulo de película de intercambio iónico de la invención. La película de intercambio iónico de acuerdo con la invención se puede usar muy apropiadamente como una pila de combustible.

40 La película de intercambio iónico de acuerdo con la invención puede modularizarse y usarse apropiadamente. Los ejemplos del módulo incluyen un módulo de tipo espiral, un módulo de tipo fibra hueca, un módulo de tipo pliegue, un módulo de tipo tubular, un módulo de tipo placa y bastidor, y un módulo de tipo pila.

Ejemplos

50 De aquí en adelante en el presente documento, se describe la invención con más detalle con referencia a ejemplos, pero la invención no se limita a dichos ejemplos. A menos que se describa lo contrario, la/s "parte/s" y los "porcentajes (%)" son en masa.

[Síntesis del agente de reticulación a base de estireno]

55 (Ejemplo de síntesis 1)

60 Se añadió 1,4-diazabicyclo[2.2.2]octano (1,00 mol) a la solución de mezcla de 321 g de clorometil estireno (2,10 mol, fabricado por AGC Seimi Chemical Co., Ltd., nombre del producto: CMS-P), 1,30 g de 2,6-di-*tert*-butil-4-metilfenol y 433 g de acetonitrilo, y se realizaron el calentamiento y la agitación a 80 °C durante 15 horas.

Se filtraron los cristales generados, obteniéndose 405 g de un compuesto ilustrativo (CL-1) (relación de rendimiento del 97 %) en forma de cristales blancos.

(Ejemplo de síntesis 2)

65 Se añadieron 130 g de *N,N,N',N'*-tetrametil-1,3-diaminopropano (1,00 mol) a la mezcla de solución de 458 g de

clorometilestireno (3,00 mol, fabricado por AGC Seimi Chemical Co., Ltd., Nombre del producto: CMS-P), 1,85 g de 2,6-di-*tert*-butil-4-metilfenol, 1,232 g de nitrobenzono, y se realizaron el calentamiento y la agitación a 80 °C durante 20 horas.

- 5 Se filtraron los cristales generados, obteniéndose 218 g de un compuesto ilustrativo (CL-2) (relación de rendimiento del 50 %) en forma de cristales blancos.

(Ejemplo de síntesis 3)

- 10 Se añadieron 313 g de *N*-[3-(dimetilaminopropil)acrilamida] (2,00 mol) a la solución de mezcla de 175 g de paradicloroxileno (1,00 mol), 1.220 g de acetonitrilo, 244 g de metanol y 1 g de *tert*-butilhidroperóxido, y se realizaron el calentamiento y la agitación a 50 °C durante 2 horas. Posteriormente, se añadieron 1.220 g de acetona, se realizó la agitación a temperatura ambiente durante 1 hora, y se filtraron los cristales generados, obteniéndose 450 g de un compuesto ilustrativo (CL-3) (relación de rendimiento del 92 %) en forma de cristales blancos.

15

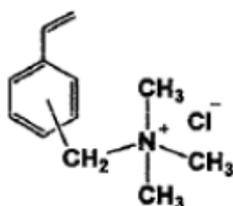
En los ejemplos, se usaron respectivamente los siguientes compuestos.

- 20 Con respecto a un monómero monofuncional, se usó el monómero (M-1) (fabricado por Sigma-Aldrich Co. LLC.) como el monómero monofuncional expresado por la Fórmula general (MI-a) y BLEMMER QA (M-2), o se usó *N,N'*-dimetilaminopropilacrilamida (M-3, fabricado por Wako Pure Chemical Industries, Ltd.) como el monómero monofuncional expresado por la Fórmula general (MII-a). Además, se usó un monómero monofuncional comparativo (M-4) como un monómero a efectos comparativos.

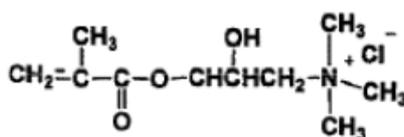
- 25 Como monómero de reticulación, se usaron los compuestos sintetizados (CL-1), (CL-2) y (CL-3), *N,N'*-(1,2-dihidroxietileno)bisacrilamida (CL-4), un diacrilato de polietilenglicol (CL-5), hexaacrilato de dipentaeritritol (CL-6), o un compuesto descrito en el documento JP2012-206992A (CL-7). Además, se usaron monómeros de reticulación comparativos (CL-8) y (CL-9) a efectos comparativos.

- 30 Como compuesto expresado por la siguiente Fórmula general (PPI-1), se usó un compuesto ilustrativo (PPI-1-1) (fabricado por BASF Japón, nombre del producto, Darocur 1173) o un compuesto ilustrativo (PPI-1-2) (fabricado por BASF Japón, nombre del producto, Irgacure 2959).

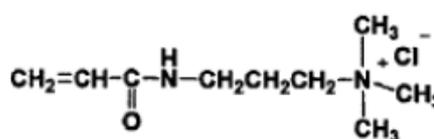
- 35 Como el iniciador de la polimerización por radicales a base de azo expresado por la Fórmula general (AZI), se usó un compuesto ilustrativo (AZI-3) (fabricado por Wako Pure Chemical Industries, Ltd., nombre del producto: VA-046B).



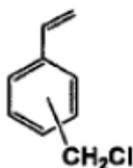
(M-1)



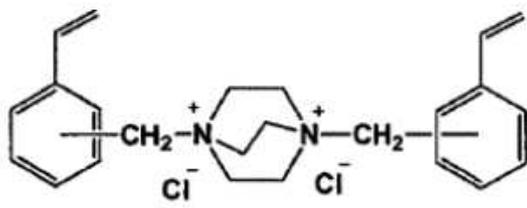
(M-2)



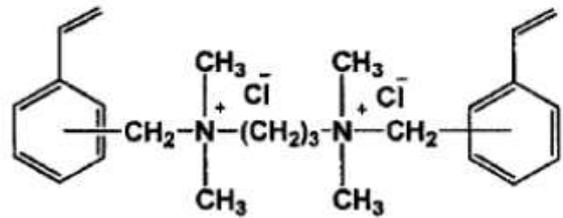
(M-3)



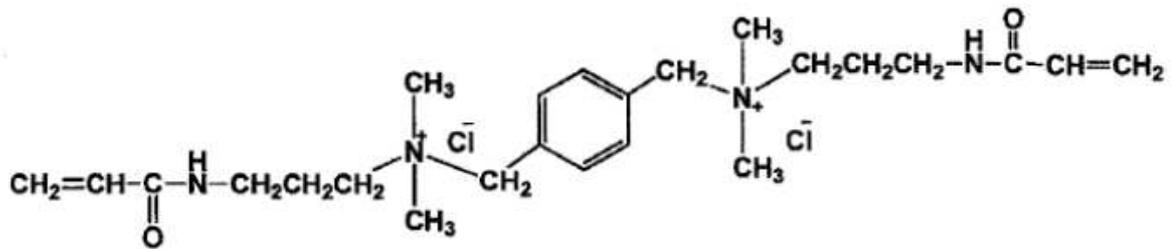
Monómero monofuncional comparativo (M-4)



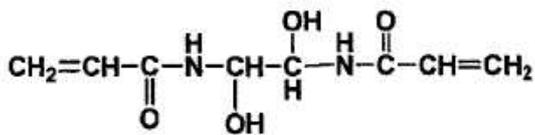
(CL-1)



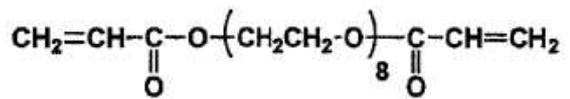
(CL-2)



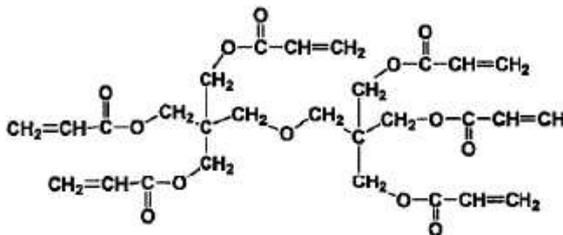
(CL-3)



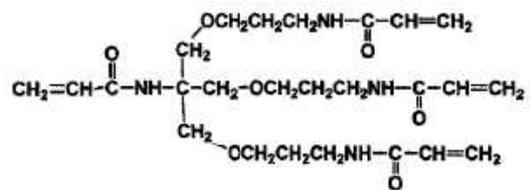
(CL-4)



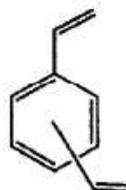
(CL-5)



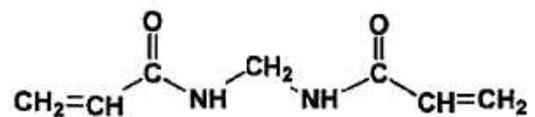
(CL-6)



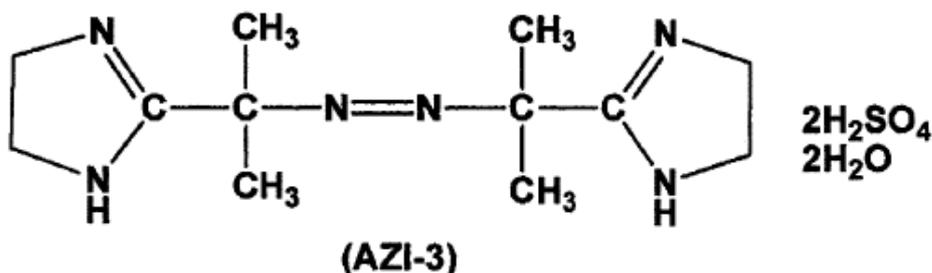
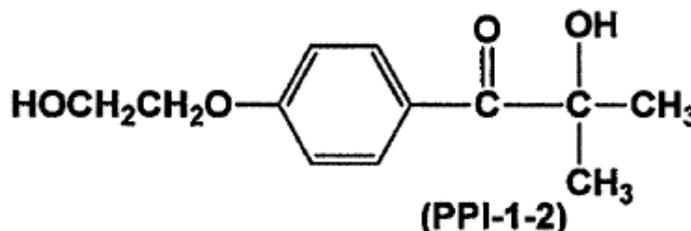
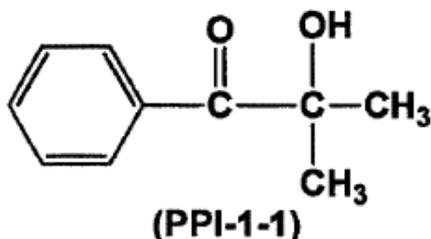
(CL-7)



Monómero de reticulación comparativo (CL-8)



Monómero de reticulación comparativo (CL-9)



(Ejemplo 1)

(Creación de la película de intercambio aniónico)

5

Se recubrió manualmente una placa de aluminio con un líquido de recubrimiento de una composición que tenía una formulación mostrada en la Tabla 1 que se presenta a continuación a una velocidad de aproximadamente 5 m/min usando una varilla enrollada de alambre de 150 μm y, posteriormente, se impregnó un producto textil no tejido (FO-2223-10 fabricado por Freudenberg & Co. KG, con un espesor de 100 μm) con el líquido de recubrimiento. Se eliminó un exceso de líquido de recubrimiento usando una varilla alrededor de la que no se enrolló ningún alambre. La temperatura del líquido de recubrimiento en el momento del recubrimiento era de aproximadamente 25 $^{\circ}\text{C}$ (temperatura ambiente). La reacción de curado del soporte impregnado de líquido de recubrimiento se llevó a cabo usando un dispositivo de exposición a UV (fabricado por Fusion UV Systems, Modelo: Light Hammer 10, válvula D, velocidad del transportador: 9,5 m/min, 100 % de resistencia), para preparar una película de intercambio aniónico. Una cantidad de exposición fue de 1.000 mJ/cm^2 en una región UV-A. Se retiró la película resultante de la placa de aluminio, y se almacenó en una solución de NaCl 0,1 M durante al menos 12 horas. El espesor de la película obtenida fue de 134 μm .

10

15

(Ejemplos 2 a 10 y Ejemplos comparativos 2 y 3)

20

Las respectivas películas intercambiadoras de aniones de los Ejemplos 2 a 10 y de los Ejemplos comparativos 2 y 3 se crearon de la misma forma que en el Ejemplo 1, excepto que la formulación en la creación de la película de intercambio aniónico del Ejemplo 1 se cambió por las formulaciones mostradas en la Tabla 1 que se presenta más adelante.

25

(Ejemplo comparativo 1)

Se formó una película de la misma forma que en el Ejemplo 1, excepto que se cambió la formulación por una formulación mostrada en la Tabla 1 que se presenta más adelante, y se cambió una condición de la polimerización a una condición mostrada en la Tabla 2 que se presente más adelante. Posteriormente, se retiró la película obtenida por inmersión en una solución acuosa de clorhidrato de trimetilamina a 0,5 mol/l (preparada a pH 12) a 40 $^{\circ}\text{C}$ durante 6 horas de una placa de aluminio, y se almacenó en una solución de NaCl 0,1 M durante al menos 12 horas.

30

En el Ejemplo comparativo 1, se llevó a cabo por separado una reacción de aminación cuaternaria tras la reacción de curado por polimerización. De esta manera, la etapa de llevar a cabo la aminación cuaternaria además de la reacción de curado por polimerización se mostró en la Tabla 2 que se presenta más adelante como una etapa de ionización.

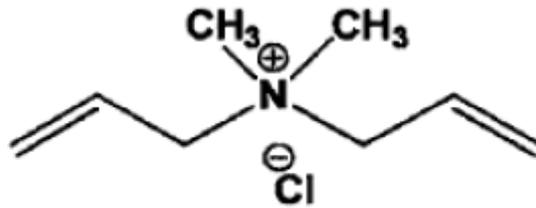
35

(Ejemplo comparativo 4)

40

De acuerdo con un método desvelado en el documento JP2013-513623A (WO2013/011273A), se sumergió una solución acuosa (200 ml) de 10 g (0,047 mol) del monómero monofuncional (M-1), 8,0 g (0,050 mol) de un monómero de reticulación comparativo (CL-10) que se muestra a continuación, 3,0 g (0,020 mol) del monómero de reticulación comparativo (CL-9) y 1,0 g (0,0045 mol) de Irgacure 2959 como iniciador de la polimerización en

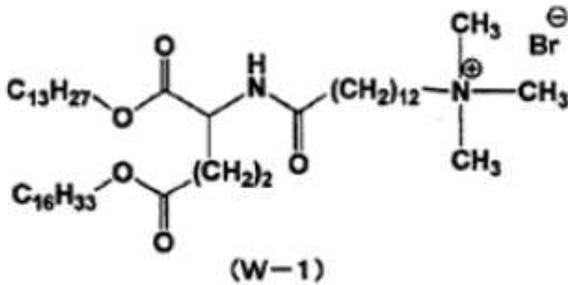
poliétersulfona, como sustrato poroso, se llevó a cabo el sustrato, y se realizó la exposición con un haz de electrones, para obtener una película laminada intercambiada iónicamente.



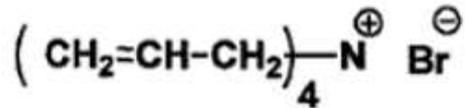
Monómero de reticulación comparativo (CL-10)

(Ejemplo comparativo 5)

5 De acuerdo con un método desvelado en los párrafos 0024 a 0025 del documento JP1994-73206A (JP-H06-73206A), se desarrollaron el siguiente compuesto anfifílico (W-1) (30 mol) y el siguiente monómero de reticulación comparativo (CL-11) (30 mol), y una dispersión acuosa a la que se añadió 4-(2-hidroxietoxi)fenil-(2-hidroxipropil)cetona como iniciador de la polimerización sobre politetrafluoroetileno poroso, y se llevó a cabo la irradiación con rayos ultravioleta, para obtener una película laminada intercambiada iónicamente.



(W-1)



Monómero de reticulación comparativo

(CL-11)

[Tabla 1]

Tipo	Material usado	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo 4	Ejemplo 5	Ejemplo 6	Ejemplo 7	Ejemplo 8	Ejemplo 9	Ejemplo 10	Ejemplo comparativo 1	Ejemplo comparativo 2	Ejemplo comparativo 3
Monómero	M-1	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2			10,0			
	M-2						23,2	23,2						23,2
	M-3								23,2	23,2			23,2	
	M-4											23,2		
Agente de reticulación	CL-1						46,1		46,1		13,2			
	CL-2							46,1		46,1				
	CL-3	46,1									46,1			46,1
	CL-4		46,1											
	CL-5			46,1										
	CL-6				46,1									
	CL-7					46,1								
	CL-8											46,1		
	CL-9												46,1	
Iniciador de la polimerización	Irgacure 2959	0,5		0,7		0,7		0,7		0,7	0,7		0,7	
	Darocur 1173		0,7		0,5		0,7		0,7					0,7
	VA-046B	0,2			0,2							0,7		
Disolvente	Agua	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	20	30	30
	N-metilpirrolidona	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0

[Tabla 2]

	Método de curado	Temperatura de curado	Tiempo requerido para el curado	Si se realizó etapa de ionización
Ejemplo 1	Curado UV	80 °C	5 min	No realizada
Ejemplo 2	Curado UV	80 °C	5 min	No realizada
Ejemplo 3	Curado UV	80 °C	5 min	No realizada
Ejemplo 4	Curado UV	80 °C	3 min	No realizada
Ejemplo 5	Curado UV	80 °C	3 min	No realizada
Ejemplo 6	Curado UV	80 °C	8 min	No realizada
Ejemplo 7	Curado UV	80 °C	1 min	No realizada
Ejemplo 8	Curado UV	80 °C	10 min	No realizada
Ejemplo 9	Curado UV	80 °C	5 min	No realizada
Ejemplo 10	Curado UV	80 °C	5 min	No realizada
Ejemplo comparativo 1	Curado térmico	80 °C	8 horas	Realizada
Ejemplo Comparativo 2	Curado UV	25 °C	1 min	No realizada
Ejemplo comparativo 3	Curado UV	25 °C	1 min	No realizada
Ejemplo comparativo 4	Haz de electrones	25 °C	30 s.	No realizada
Ejemplo comparativo 5	Curado UV	25 °C	1 min	No realizada

5 A partir de los resultados de la Tabla 2, en los Ejemplos 1 a 10, en los que se cumplieron las regulaciones de la invención, las películas se pudieron formar durante un corto período de tiempo. Por el contrario, la película intercambiadora de aniones del Ejemplo comparativo 1, en la que no se cumplieron las regulaciones de la invención necesitó un largo período de tiempo de formación de la película.

10 Con respecto a la película de intercambio de aniones que se creó con los Ejemplos 1 a 10 y los Ejemplos comparativos 1 a 5, se evaluaron los siguientes elementos.

Se recogieron los resultados obtenidos y se muestran en la Tabla 3 que se presenta más adelante.

[Contenido de agua (%)]

15

El contenido de agua (%) de la película se calculó mediante la siguiente fórmula.

20
$$\frac{\{(masa\ de\ la\ de\ película\ tras\ la\ inmersión\ durante\ 15\ horas\ en\ solución\ acuosa\ de\ NaCl\ 0,5\ M\ a\ 25\ °C) - (masa\ de\ la\ película\ tras\ el\ secado\ durante\ 15\ horas\ en\ horno\ de\ vacío\ a\ 60\ °C\ tras\ la\ inmersión)\}}{(masa\ de\ la\ película\ tras\ la\ inmersión\ durante\ 15\ horas\ en\ solución\ acuosa\ de\ NaCl\ 0,5\ M\ a\ 25\ °C) \times 100}$$

[Resistencia eléctrica ($\Omega \cdot cm^2$) de la película]

25 Se limpiaron ambos lados de la película sumergida en una solución acuosa de NaCl 0,5 M durante aproximadamente 2 horas usando un papel de filtro seco, y se interpuso la película entre dos cámaras de una celda de dos cámaras (superficie eficaz de la película: 1 cm², se usaron electrodos de referencia de Ag/AgCl (fabricados por Metrohm AG) como electrodos). Se llenaron ambas cámaras con 100 ml de NaCl que tenía la misma concentración, y se dispuso la celda en un baño de agua a la temperatura constante de 25 °C y se dejó reposar

hasta que la celda alcanzó el equilibrio. La temperatura de un líquido de la celda alcanzó exactamente los 25 °C, y luego se midió la resistencia eléctrica r_1 usando un puente de corriente alternativo (frecuencia: 1.000 Hz). Se ajustó una concentración de NaCl para la medición a 0,5 M, 0,7 M, 1,5 M, 3,5 M y 4,5 M, y se llevó a cabo la medición desde un líquido a baja concentración por orden de concentración. A continuación, se retiró la película y se midió la resistencia eléctrica r_2 entre ambos electrodos solo con una solución acuosa de NaCl 0,5 M para determinar la resistencia eléctrica r de la película a partir de una diferencia: $r_1 - r_2$.

En la Tabla 3 que se presenta más adelante, la "resistencia eléctrica de la película" se denominó simplemente "resistencia de la película".

[Proporción del volumen de poros (%) de la película]

Se calculó la conductividad eléctrica A (S/cm²) de una película, de acuerdo con la siguiente Fórmula (a), a partir de la resistencia eléctrica R de la película medida en el líquido de NaCl de 0,5 M, 0,7 M, 1,5 M, 3,5 M y 4,5 M.

$$A(\text{S/cm}^2) = 1/R \quad \text{Fórmula (a)}$$

Posteriormente, se midió la conductividad eléctrica y los espesores de la película de las respectivas soluciones de concentración de NaCl, y se calculó la conductividad eléctrica B (S/cm²) por unidad de espesor de película de las respectivas soluciones de concentración de NaCl.

Se toma como C el corte de Y sobre A en un eje Y y sobre B en un eje X , y se calcula una proporción del volumen de poros mediante la siguiente Fórmula (b).

$$\text{Proporción del volumen de poros} = (A-C)/B \quad (b)$$

[Permeabilidad al agua (ml/m²/Pa/h)]

La permeabilidad al agua de la película se midió usando un dispositivo que tiene un canal de flujo 10 mostrado en la Fig. 1. En la Fig. 1, el número de referencia 1 representa una película, y los números de referencia 3 y 4 representan canales de flujo de una solución de alimentación (agua pura) y una solución de extracción (NaCl 3 M), respectivamente. La flecha del número de referencia 2 muestra un flujo de agua separado de la solución de alimentación.

Se pusieron en contacto 400 ml de solución de alimentación y 400 ml de solución de extracción (superficie de contacto de la película de 18 cm²) a través de la película, y se dejó que cada solución fluyera a un caudal de 0,11 cm/s en la dirección de una flecha de un número de referencia 5 usando una bomba Perista. Se analizó la velocidad a la que el agua de la solución de alimentación penetra en la solución de extracción a través de la película midiendo las masas de la solución de alimentación y de la solución de extracción en tiempo real para obtener la permeabilidad al agua.

[Prueba de orificios de alfiler]

Se recubrió la película de medición con platino (Pt) que tenía un espesor de 1,5 nm, y se midió con un microscopio electrónico de barrido (SEM) en las siguientes condiciones.

- Condiciones -

Tensión de aceleración: 2 kV

Distancia de trabajo: 4 mm

Apertura: 4

Ampliación: x 100.000 veces

Inclinación del campo de visión: 3 °.

La evaluación de los orificios de alfiler se llevó a cabo a partir de una imagen de SEM, en vista de lo siguiente.

A: No se observó ningún defecto ni orificio de alfiler.

B: Se observaron 1 a 2 defectos u orificios de alfiler.

C: Se observaron 3 o más defectos u orificios de alfiler.

[Tabla 3]

	Contenido de agua (%)	Resistencia de la película ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)	Permeabilidad al agua ($\text{ml}/\text{m}^2/\text{Pa}/\text{h}$)	(Resistencia de la película) x (Permeabilidad al agua)	Proporción del volumen de poros (%)	Prueba de orificios de alfiler
Ejemplo 1	32	0,9	$5,5 \times 10^{-5}$	$4,95 \times 10^{-5}$	0,11	A
Ejemplo 2	33	1,0	$5,4 \times 10^{-5}$	$5,40 \times 10^{-5}$	0,08	A
Ejemplo 3	35	0,9	$7,1 \times 10^{-5}$	$6,39 \times 10^{-5}$	0,10	B
Ejemplo 4	29	1,1	$5,0 \times 10^{-5}$	$5,5 \times 10^{-5}$	0,06	A
Ejemplo 5	25	1,5	$4,5 \times 10^{-5}$	$6,75 \times 10^{-5}$	0,07	A
Ejemplo 6	41	0,7	$9,0 \times 10^{-5}$	$6,30 \times 10^{-5}$	0,11	A
Ejemplo 7	28	1,2	$5,9 \times 10^{-5}$	$7,08 \times 10^{-5}$	0,09	B
Ejemplo 8	36	1,0	$7,5 \times 10^{-5}$	$7,50 \times 10^{-5}$	0,10	A
Ejemplo 9	25	1,6	$4,4 \times 10^{-5}$	$7,04 \times 10^{-5}$	0,08	A
Ejemplo 10	15	1,4	$3,8 \times 10^{-5}$	$5,32 \times 10^{-5}$	0,04	A
Ejemplo comparativo 1	15	3,5	$7,5 \times 10^{-5}$	$26,2 \times 10^{-5}$	0,5	C
Ejemplo comparativo 2	41	1,3	$12,4 \times 10^{-5}$	$16,12 \times 10^{-5}$	1,3	B
Ejemplo comparativo 3	49	2,1	$8,0 \times 10^{-5}$	$16,80 \times 10^{-5}$	0,7	B
Ejemplo comparativo 4	21	2,3	$8,4 \times 10^{-5}$	$19,30 \times 10^{-5}$	1,3	B
Ejemplo comparativo	23	0,9	$34,0 \times 10^{-5}$	$30,60 \times 10^{-5}$	2,7	C

A partir de los resultados de la Tabla 3, las películas intercambiadoras de aniones de los Ejemplos 1 a 10 que cumplen las regulaciones de la invención muestran valores bajos de los productos de la resistencia de la película y de la permeabilidad al agua, y las películas intercambiadoras de aniones de los Ejemplos 1 a 10 se conocen por ser películas intercambiadoras de aniones de alto rendimiento. Por el contrario, la película intercambiadora de aniones del Ejemplo comparativo 1 que no cumple las regulaciones de la invención tiene, en particular, una gran resistencia de película, y los productos de la resistencia de película y permeabilidad al agua del Ejemplo comparativo 1 a 5 presentan grandes valores.

De esta forma, se observa que la película intercambiadora de aniones de acuerdo con la invención presenta un rendimiento excelente que no se puede obtener en la película de intercambio iónico de la técnica relacionada.

Números de referencia

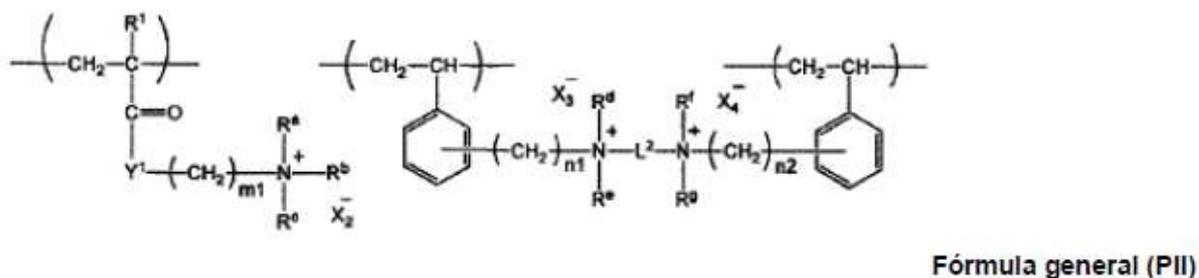
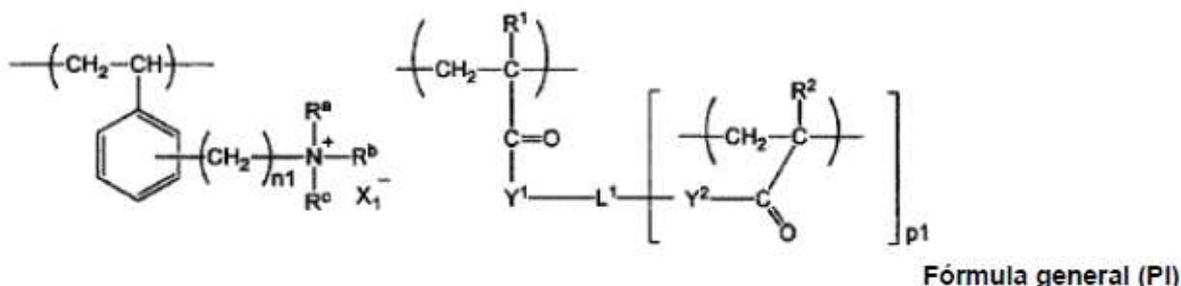
- 1 película
- 2 flecha que indica la penetración del agua de la solución de alimentación en la solución de extracción a través de la película
- 3 canal de flujo de la solución de alimentación
- 4 canal de flujo de la solución de extracción
- 5 dirección de avance del líquido
- 10 canal de flujo del dispositivo de medición de la permeabilidad al agua.

REIVINDICACIONES

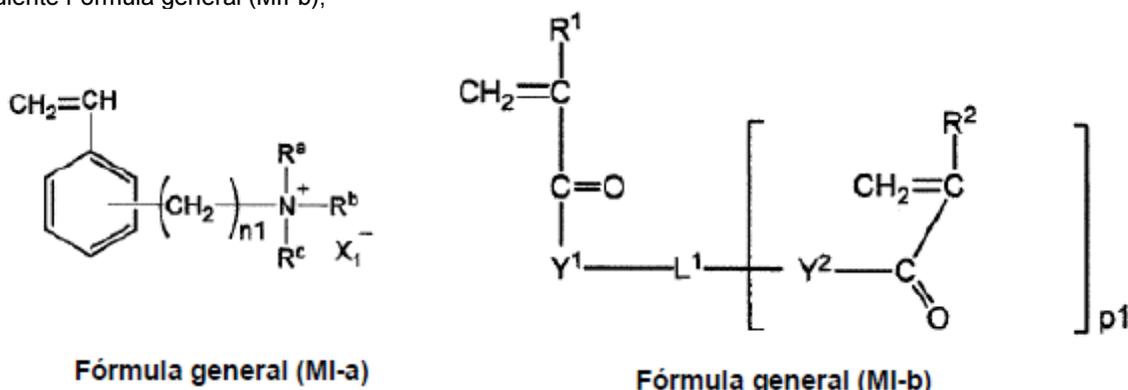
1. Una película de intercambio iónico que comprende:

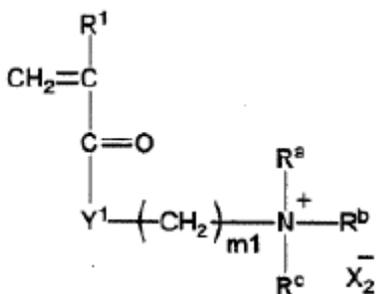
- 5 al menos un tipo de soporte poroso; y
- una resina polimérica dispuesta en los poros del soporte poroso,

en la que la resina polimérica contiene un copolímero de estireno-acrilo que tiene una estructura expresada por al menos una de las siguientes Fórmulas generales (PI) y (PII),

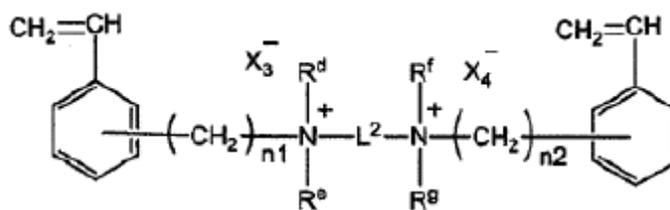


- 10 en las Fórmulas generales (PI) y (PII), cada uno de R¹ y R² representa independientemente un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo, cada uno de Y¹ e Y² representa independientemente -O- o -N(Rx)-, aquí, Rx representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo, L¹ representa un grupo enlazador p₁ + 1-valente que tiene 2 o más átomos de carbono, L² representa un grupo enlazador bivalente, p₁ representa un número entero igual o superior a 1, cada uno de n₁, n₂ y m₁ representa independientemente un número entero igual o superior a 1, cada uno de R^a a R^g representa independientemente un grupo alquilo o un grupo arilo, 2 o 3 de R^a a R^c pueden unirse entre sí para formar un anillo, de 2 a 4 de R^d a R^g pueden unirse entre sí para formar un anillo, y cada uno de X₁⁻ a X₄⁻ representa independientemente un anión orgánico o inorgánico.
- 20 2. La película de intercambio iónico de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el polímero está hecho de un componente monomérico expresado por la siguiente Fórmula general (MI-a) y un componente monomérico de reticulación expresado por la siguiente Fórmula general (MI-b) o que está hecho de un componente monomérico expresado por la siguiente Fórmula general (MII-a) y un componente monomérico de reticulación expresado por la siguiente Fórmula general (MII-b),





Fórmula general (MII-a)



Fórmula general (MII-b)

5 en las formulas generales (MI-a), (MI-b), (MII-a) y (MII-b), R¹, R², Y¹, Y², L¹, L², p¹, n₁, n₂, m₁, R^a a R^g y X₁⁻ a X₄⁻ tienen el mismo significado que R¹, R², Y¹, Y², L¹, L², p¹, n₁, n₂, m₁, R^a a R^g y X₁⁻ a X₄⁻ de las Fórmulas generales (PI) y (PII), respectivamente.

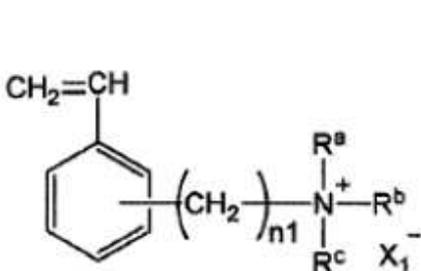
10 3. La película de intercambio iónico de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en la que un contenido de un componente que tiene una unidad de estructura obtenida de un esqueleto de estireno o que tiene un esqueleto de estireno es de 1 parte en masa a 85 partes en masa en el caso de la Fórmula general (PI) anterior y de 10 partes en masa a 90 partes en masa en el caso de la Fórmula general (PII) anterior con respecto a 100 partes en masa del polímero.

15 4. La película de intercambio iónico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que el polímero está reticulado y curado mediante polimerización por fotorradicales.

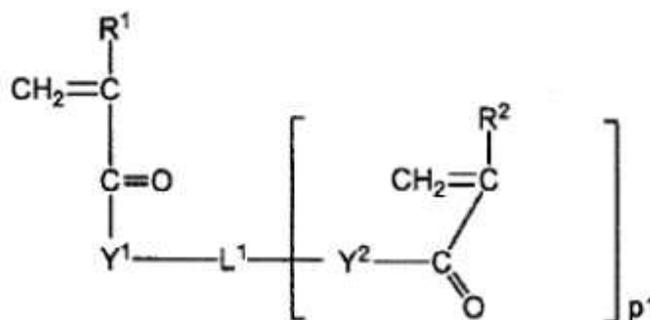
5. La película de intercambio iónico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el soporte poroso es un producto textil tejido sintético, un producto textil no tejido sintético, una película en forma de esponja o una película que tiene orificios pasantes finos, y en la que el soporte poroso es preferentemente poliolefina.

20 6. La película de intercambio iónico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que un espesor de película de la resina polimérica es de 40 μm a 500 μm.

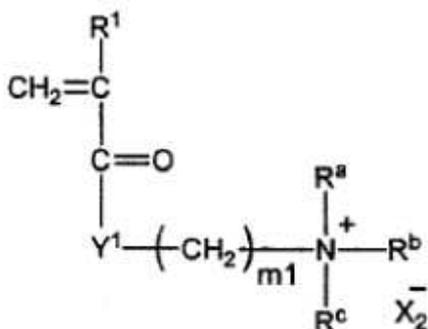
25 7. Una composición de formación de una película de intercambio iónico que comprende:
un compuesto expresado por la siguiente Fórmula general (MI-a) y un compuesto expresado por la siguiente Fórmula general (MI-b); o
un compuesto expresado por la siguiente Fórmula general (MII-a) y un compuesto expresado por la siguiente Fórmula General (MII-b),



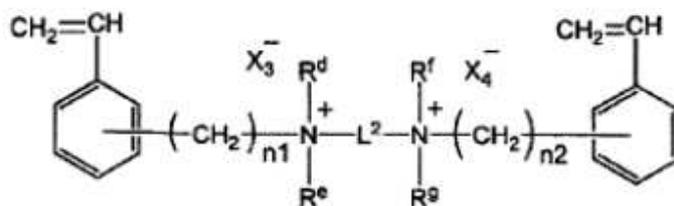
Fórmula general (MI-a)



Fórmula general (MI-b)



Fórmula general (MII-a)



Fórmula general (MII-b)

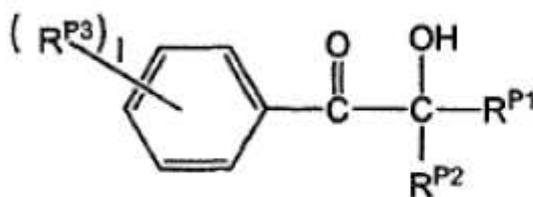
5 en las Fórmulas generales (MI-a), (MI-b), (MII-a) y (MII-b), cada uno de R¹ y R² representa independientemente un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo, cada uno de Y¹ e Y² representa independientemente -O- o -N(Rx)-, aquí, Rx representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo, L¹ representa un grupo enlazador p1+1-valente que tiene 2 o más átomos de carbono, L² representa un grupo enlazador bivalente, p1 representa un número entero igual o superior a 1, cada uno de n1, n2 y m1 representa independientemente un número entero igual o superior a 1, cada uno de R^a a R^g representa independientemente un grupo alquilo o un grupo arilo, 2 o 3 de R^a a R^c pueden unirse entre sí para formar un anillo, de 2 a 4 de R^d a R^g pueden unirse entre sí para formar un anillo, y cada uno de X₁⁻ a X₄⁻ representa independientemente un anión orgánico o inorgánico.

15 8. La composición de formación de una película de intercambio iónico de acuerdo con la reivindicación 7, en la que un contenido del compuesto que tiene el esqueleto de estireno es de 1 parte en masa a 85 partes en masa en el caso del compuesto expresado por la Fórmula general (MI-a) anterior y de 10 partes en masa a 90 partes en masa en el caso del compuesto expresado por la Fórmula general (MII-a) anterior con respecto a 100 partes en masa del contenido total de sólidos de la composición.

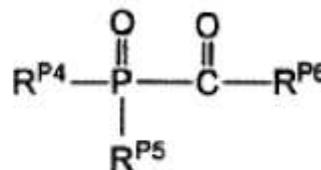
20 9. La composición de formación de una película de intercambio iónico de acuerdo con las reivindicaciones 7 u 8, en la que la solubilidad de todos los compuestos que tienen grupos etilénicamente insaturados es del 30 % en masa o superior con respecto al agua pura a 25 °C.

10. La composición de formación de una película de intercambio iónico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, que comprende además:

25 un iniciador de fotopolimerización expresado por las siguientes Fórmulas generales (PPI-1) o (PPI-2),



Fórmula general (PPI-1)



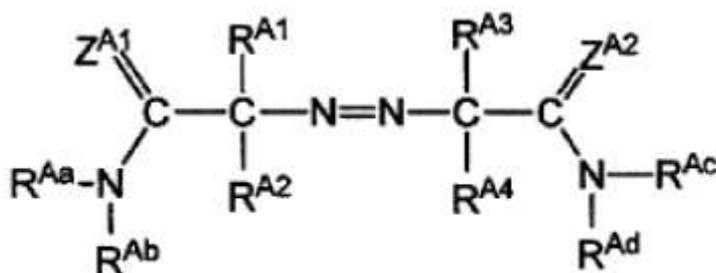
Fórmula general (PPI-2)

30 en las Fórmulas generales (PPI-1) y (PPI-2), cada uno de R^{P1} y R^{P2} representa independientemente un átomo de hidrógeno, un grupo alquilo, un grupo alcoxi o un grupo ariloxi, R^{P3} representa un grupo alquilo, un grupo alcoxi o un grupo ariloxi, 1 representa un número entero de 0 a 5, R^{P4} representa un grupo alquilo, un grupo arilo, un grupo alquiltio o un grupo ariltio, R^{P5} representa un grupo alquilo, un grupo arilo, un grupo alquiltio, un grupo ariltio o un grupo acilo, R^{P6} representa un grupo alquilo o un grupo arilo, y R^{P1} y R^{P2} o R^{P4} y R^{P5} pueden unirse entre sí para formar un anillo,

35 en la que el contenido del iniciador de fotopolimerización es de 0,1 partes en masa a 20 partes en masa con respecto a 100 partes en masa del contenido total de sólidos de la composición.

11. La composición de formación de una película de intercambio iónico de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende además:

un iniciador de la polimerización por radicales expresado por la siguiente Fórmula general (AZI),



Fórmula general (AZI)

5 en la Fórmula general (AZI), cada uno de Z^{A1} y Z^{A2} representa independientemente =O o N- R^{Ae} , cada uno de R^{A1} a R^{A4} representa independientemente un grupo alquilo, cada uno de R^{Aa} a R^{Ae} representa independientemente un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo, y al menos 2 de R^{Aa} , R^{Ab} y R^{Ae} , al menos 2 de R^{Ac} , R^{Ad} y R^{Ae} y/o al menos 2 de R^{Aa} , R^{Ac} y R^{Ad} pueden unirse entre sí para formar un anillo,

10 en la que el contenido del iniciador de la polimerización por radicales es preferentemente de 0,1 partes en masa a 20 partes en masa con respecto a 100 partes en masa del contenido total de sólidos de la composición.

12. La composición de formación de una película de intercambio iónico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11,

en donde la composición contiene un disolvente.

en donde el disolvente es preferentemente agua o un disolvente hidrosoluble y

15 en donde un contenido del disolvente es preferentemente de 5 partes en masa a 60 partes en masa con respecto a 100 partes en masa, que es la masa total de la composición.

13. Un método de producción de una película de intercambio iónico, que comprende:

20 irradiar la composición de formación de una película de intercambio iónico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12 con un rayo de energía; y reticular y curar la composición de formación de una película de intercambio iónico,

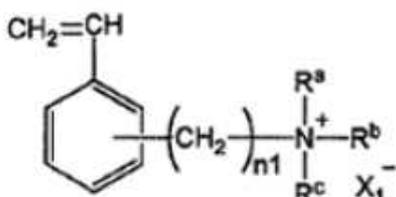
25 en el que la reacción de reticulación y curado se realiza preferentemente por irradiación con un rayo de energía y calentamiento, y

en el que el calentamiento se realiza preferentemente tras la irradiación con un rayo de energía.

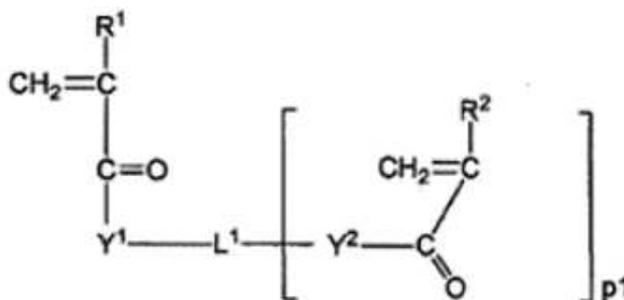
30 14. El método de producción de una película de intercambio iónico de acuerdo con la reivindicación 13, en el que tras el recubrimiento del soporte con la composición y/o la impregnación del soporte con la composición usando la composición de formación de una película de intercambio iónico, se realiza la reacción de reticulación y de curado.

15. Un método de producción de una película de intercambio iónico, que comprende:

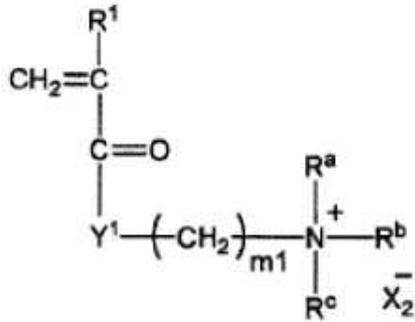
35 reticular y curar un compuesto expresado por la siguiente Fórmula general (MI-a) y un compuesto expresado por la siguiente Fórmula general (MI-b) o un compuesto expresado por la siguiente Fórmula general (MII-a) y un compuesto expresado por la siguiente Fórmula general (MII-b) mediante la reacción de polimerización por fotorradicales en agua o en un disolvente hidrosoluble en presencia de un iniciador de la fotopolimerización,



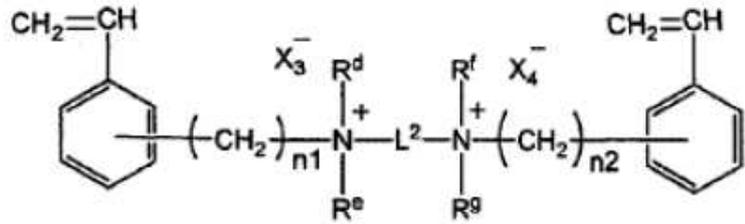
Fórmula general (MI-a)



Fórmula general (MI-b)



Fórmula general (MII-a)



Fórmula general (MII-b)

5 en las Fórmulas generales (MI-a), (MI-b), (MII-a) y (MII-b), cada uno de R¹ y R² representa independientemente un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo, cada uno de Y¹ e Y² representa independientemente -O- o -N(Rx)-, aquí, Rx representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo, L¹ representa un grupo enlazador p1+1-valente
 10 que tiene 2 o más átomos de carbono, L² representa un grupo enlazador bivalente, p1 representa un número entero igual o superior a 1, cada uno de n₁, n₂ y m₁ representa independientemente un número entero igual o superior a 1, cada uno de R^a a R^g representa independientemente un grupo alquilo o un grupo arilo, 2 o 3 de R^a a R^c pueden unirse entre sí para formar un anillo, de 2 a 4 de R^d a R^g pueden unirse entre sí para formar un anillo, y cada uno de X₁⁻ a X₄⁻ representa independientemente un anión orgánico o inorgánico.

FIG. 1

