

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 023 064**

51 Int. Cl.:

B01J 20/28 (2006.01)
B01J 20/26 (2006.01)
B01J 20/30 (2006.01)
B01D 15/20 (2006.01)
A61M 1/36 (2006.01)
D01F 6/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.10.2015** **E 20183144 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.03.2025** **EP 3738668**

54 Título: **Fibras porosas, material adsorbente y columna de purificación**

30 Prioridad:

28.10.2014 JP 2014219036

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

29.05.2025

73 Titular/es:

TORAY INDUSTRIES, INC. (100.00%)
1-1, Nihonbashi-Muromachi 2-chome, Chuo-ku
Tokyo 103-8666, JP

72 Inventor/es:

FUJIEDA, HIROAKI;
UENO, YOSHIYUKI y
TANAKA, KAZUMI

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 3 023 064 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

Fibras porosas, material adsorbente y columna de purificación

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a fibras porosas. Particularmente, esta se refiere a fibras porosas que pueden adsorber una sustancia objeto de retirada en el fluido que se va a someter a tratamiento con eficacia, a un material adsorbente formado usando las fibras porosas como un haz, y a una columna de purificación en la que se incorporan las fibras porosas.

Antecedentes de la técnica

Convencionalmente, las perlas porosas se usan a menudo como forma del material adsorbente a usar para la columna de purificación que retira, mediante adsorción, una sustancia objeto de retirada en el fluido que se va a someter a tratamiento. Los ejemplos de las razones de esto incluyen el hecho de que el adsorbente en forma de perlas tiene las ventajas de una circulación sanguínea menos desequilibrada en una columna y, por tanto, la facilidad de un diseño de columna porque el adsorbente se puede empaquetar uniformemente en una columna de adsorción. Por otro lado, los ejemplos de los medios para la mejora del rendimiento de adsorción incluyen el aumento de un área de superficie por volumen del adsorbente. Sin embargo, cuando el adsorbente es de tipo perlas, se disminuye el diámetro de perla con el fin de aumentar el área de superficie por volumen del adsorbente y se vuelve estrecho el espacio entre las perlas. Por lo tanto, dado que la resistencia de una ruta de flujo se vuelve alta para aumentar la pérdida de presión, se vuelve difícil hacer pasar el fluido que se va a someter a tratamiento. Además, la perla usada como adsorbente normalmente es esférica y, por lo tanto, esta tiene la desventaja de que el área de superficie por volumen es intrínsecamente pequeña. Es decir, aunque haya una capacidad de reserva de adsorción dentro de la perla, no se puede usar eficazmente un sitio de adsorción interno.

Los ejemplos de la forma de un material adsorbente diferente de la perla incluyen una fibra, también se piensa en el uso de una fibra que tenga una sección transversal circular común. Los ejemplos de la forma de la fibra incluyen la obtenida mediante la inserción de una gran cantidad de fibras en forma recta en paralelo a la dirección longitudinal de una envoltura de columna o la obtenida mediante la formación de un tejido de tricotado.

En el tejido de tricotado de estas formas, resulta difícil, en la producción, hacer que la fibra sea porosa para la provisión de orificios de adsorción para la fibra. Además, no se prefiere tanto cuando el fluido que se va a someter a tratamiento incluye muchas sustancias disueltas y la viscosidad es alta, dado que el procesamiento da como resultado fácilmente un aumento de presión en una columna.

Por otro lado, la fibra de la forma obtenida mediante la inserción de fibras de filamento, tales como una fibra en estado sólido o una fibra hueca, en forma recta en paralelo a la dirección longitudinal de una envoltura de columna puede asegurar una ruta de flujo del fluido que se va a someter a tratamiento por separado del material adsorbente. Por lo tanto, la fibra de esta forma puede suprimir la resistencia de la ruta de flujo y resulta ventajosa para la adhesión de una sustancia disuelta en el fluido que se va a someter a tratamiento. Hasta el momento, se desvelan las invenciones relativas a una columna de purificación a la que se incorporan fibras huecas o fibras en estado sólido (Documentos de Patente 1 y 2). Sin embargo, la forma de sección transversal de las fibras usadas en estos documentos es circular y el rendimiento de adsorción ha sido bajo, dado que el área de superficie por volumen del adsorbente es pequeña.

En la presente memoria descriptiva, se conoce un método en el que se usa una forma diferente a una forma circular como forma de sección transversal de la fibra, es decir, se usa una fibra con una sección transversal modificada. Sin embargo, hasta ahora se ha pensado que, dado que la estabilidad de hilado se deteriora cuando se aumenta el grado de modificación de la fibra, se suprime el aumento del grado de modificación. Particularmente, en el caso de las fibras porosas, ha existido el temor de que el alargamiento de resistencia de la fibra se reduzca significativamente y la irregularidad del diámetro de fibra, denominada resonancia de estiramiento, aumente mediante una sección transversal modificada y, además de esto, ha existido el temor de que se produzca la modificación de la forma de sección transversal, particularmente, la aglutinación de la parte proyectada dentro de una sección transversal de fibra individual.

Sin embargo, hasta ahora, los Documentos de Patente 3 a 5 describen la invención relativa a las fibras con la sección transversal modificada en las que se usa una forma diferente a una forma circular como forma de sección transversal de la fibra porosa. Sin embargo, estas fibras se diferencian de la presente invención en que la totalidad de las fibras pertenece a una membrana de separación de un tipo de fibra hueca. En el caso de la fibra hueca, casi no se produce la modificación de la forma de sección transversal descrita anteriormente, dado que la fijación de una estructura se puede realizar al mismo tiempo desde ambos lados del interior de una fibra (porción hueca) y el exterior de una fibra en la formación de una fibra (= hilado). La fijación de una estructura se realiza a través del enfriamiento mediante viento frío o a través del contacto con un (no) disolvente deficiente. Por lo tanto, la fibra hueca resulta más ventajosa

que la fibra en estado sólido que solo se puede enfriar desde el exterior de la fibra. Como resultado de la observación de cada uno de los conceptos/objetos de modificación de una forma de fibra en los Documentos de Patente descritos anteriormente, se describen principalmente la prevención del contacto íntimo entre los haces en el agrupamiento de las fibras (Documento de Patente 3) y la supresión de la obstrucción al dificultar y perturbar el flujo en una superficie externa de una fibra hueca (Documentos de Patente 4 y 5). Es decir, las formas provistas de protuberancias cortas en la periferia de una fibra se emplean simplemente para el objeto diferente de la presente invención. Particularmente, el concepto anterior de la supresión de la obstrucción es contrario al concepto de una columna de adsorción que adsorbe una sustancia disuelta en la fibra. Por consiguiente, no está presente el concepto de la mejora del rendimiento de adsorción mediante el aumento de un área de superficie por volumen. Por lo tanto, se muestra una forma en la que el grado de modificación es menor que relativamente alto.

En el Documento de Patente 6, se describe una membrana de separación en la que se forma una sección transversal modificada. Sin embargo, con respecto a su función de "separación", el párrafo [0005] en la memoria descriptiva describe "uno de los índices de rendimiento como membrana de separación de material compuesto de múltiples capas es la velocidad de permeación y, cuando un material de membrana es el mismo, resulta importante disminuir el espesor de una capa de separación y aumentar el área de membrana de una capa de separación". Es decir, se supone que una sustancia objeto se separa mediante la permeación de una membrana. Desde tal punto de vista, se modifica la forma de sección transversal con el objetivo de mejorar el rendimiento de separación mediante el aumento del área de membrana de una membrana de separación. Por consiguiente, específicamente, se describe una membrana de fibra hueca y no se puede decir sustancialmente que se describa una fibra de forma en estado sólido.

Es decir, la tecnología de modificación de la forma de sección transversal de una fibra hueca que se usa en el documento anterior no es una tecnología diseñada teniendo en cuenta el uso de una fibra como material adsorbente.

Por otro lado, el Documento de Patente 7 describe la invención relativa a las fibras con la sección transversal modificada que tiene, pero sin tener una porción hueca, poros sobre la superficie. Sin embargo, en la presente invención, se proporcionan poros para la división de una fibra a fin de aumentar el volumen de fibra y, por tanto, su tamaño pequeño. Es decir, el poro es en gran medida diferente en cuanto al tamaño de poro, la distribución del tamaño de poro y el área de superficie específica de poro del poro para la adsorción y resulta difícil decir que la fibra es un material generalmente denominado fibra porosa.

Documentos de la técnica anterior

Documento de Patente 1: JP 2011-156022 A;
Documento de Patente 2: JP 2010-148851 A;
Documento de Patente 3: JP 58-169510 A;
Documento de Patente 4: WO 2011/129023 A;
Documento de Patente 5: JP 2010-188253 A;
Documento de Patente 6: JP 7-171360 A;

Documento de Patente 7: JP 0-251915 A. El documento de patente JP H06 296860 A se refiere a un soporte poroso compuesto de un material polimérico que tiene poros finos con un diámetro de poro promedio de 0,01 a 10 μm , un área de superficie total de 3 a 500 m^2/g y un diámetro de poro de 0,01 a 10 μm . Los soportes de ejemplo se preparan mediante extrusión a partir de una hilera circular.

Documento No Relacionado con Patentes 1: Kazuhiko Ishikiriya y col.; JOURNAL OF COLLOID AND INTERFACE SCIENCE, 171, 103-111, (1995).

Sumario de la invención

Problemas a resolver por medio de la invención

Un objetivo de la presente invención es proporcionar fibras porosas que tengan un excelente rendimiento de retirada con respecto a un material a adsorber, y una columna de purificación en la que se incorpora un material adsorbente obtenido mediante el agrupamiento de las fibras.

De acuerdo con las investigaciones de los presentes inventores, en los Documentos de Patente 3 y 5, una capa densa espesa (capa de separación) está presente en la superficie de una fibra y, de este modo, una sustancia objeto de adsorción no puede alcanzar los poros dentro de las fibras, lo que da como resultado el deterioro del rendimiento de adsorción. Además, en tales fibras, dado que se supone que se usan las fibras para aplicaciones de separación, el área de superficie específica de los poros es pequeña. Además, dado que las fibras tienen una estructura que es asimétrica en la dirección del espesor de la película, la distribución del tamaño de poro es amplia.

En el Documento de Patente 6, la abertura de poro se realiza mediante el estiramiento de una fibra de sección transversal modificada preparada mediante hilado por fusión. Por consiguiente, resulta difícil controlar el área de superficie específica de un poro mediante la formación de una estructura de red con muchos poros. Su estructura

de microgrietas se alarga en el estiramiento para formar poros que tengan diversos tamaños y, por lo tanto, se reduce el área de superficie específica. Además, dado que la distribución del tamaño de poro tiende a ampliarse, un poro que tenga un tamaño de poro mucho menor que el tamaño del material a adsorber no puede contribuir a la adsorción. Es decir, un área, que no contribuye a la adsorción, del área de superficie específica del poro está parcialmente presente. Además, dado que la abertura de poro se realiza mediante el estiramiento de la fibra, un material de soporte de la fibra se limita a un polímero cristalino.

La presente invención tiene como objetivo resolver los problemas mencionados anteriormente que tiene la técnica anterior.

Soluciones a los problemas

Los presentes inventores realizaron serias investigaciones con el fin de resolver los problemas mencionados anteriormente y, en consecuencia, estos hallaron que resulta importante para la mejora del rendimiento de adsorción que las fibras porosas tengan una forma en la que las fibras porosas tengan tres o más partes proyectadas en la parte periférica de cada fibra y las partes proyectadas sean continuas en la dirección longitudinal de la fibra.

Además, de acuerdo con los hallazgos de la presente invención, en el diseño del material adsorbente, resulta importante no solo aumentar el área de superficie por volumen de la superficie de fibra mediante la formación de una sección transversal modificada, sino también aumentar el área de superficie específica de los poros dentro de la fibra. La razón de esto es que se puede aumentar el área de una superficie con capacidad de adsorción mediante el aumento del área de superficie específica.

Es decir, la presente invención tiene la constitución tal como se define en la reivindicación 1 adjunta.

Las fibras poliméricas porosas cumplen las siguientes condiciones (a) a (c) y tienen una forma en la que tres o más partes proyectadas están continuamente presentes en la dirección longitudinal en la parte periférica de una fibra en estado sólido que no tiene una porción hueca.

- (a) Cuando el diámetro del círculo inscrito se denota por D_i y el diámetro del círculo circunscrito se denota por D_o en una sección transversal, el grado de modificación D_o/D_i es de 1,2 a 6,6.
- (b) un índice de la forma de poro D_{xy} es de 0,2 o más y de 6,0 o menos; y
- (c) una capa densa en la región cercana a la superficie de una fibra tiene un espesor de 0,01 μm o más y de 1,6 μm o menos.

Se describe además un material adsorbente formado utilizando fibras porosas como un haz.

La invención también proporciona una columna de purificación que se forma disponiendo el material adsorbente de forma recta en la dirección de un eje de envoltura en una carcasa de plástico y conectando un puerto de entrada y un puerto de salida del fluido a tratar a ambos extremos de la carcasa.

Efectos de la invención

De acuerdo con la presente invención, resulta posible proporcionar fibras porosas que puedan adsorber una sustancia objeto de retirada en el fluido que se va a someter a tratamiento con eficacia, y una columna de purificación en la que se incorporan las fibras porosas.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista que muestra una sección transversal de fibra para la explicación de un círculo inscrito y un círculo circunscrito.

La Figura 2 es una vista que muestra una región central y una región de superficie cercana al exterior de una sección transversal.

La Figura 3 es una vista para la explicación del espesor de una parte proyectada ω .

La Figura 4 es una vista de una hilera para la producción de fibras en la que la cantidad de sus partes proyectadas es tres y una vista para la explicación de cada parte de una hilera.

La Figura 5 es una vista de una hilera para la producción de fibras en la que la cantidad de sus partes proyectadas es tres.

La Figura 6 es una vista de una hilera para la producción de fibras en la que la cantidad de sus partes proyectadas es cuatro.

La Figura 7 es una vista de una hilera para la producción de fibras en la que la cantidad de sus partes proyectadas es cinco.

La Figura 8 es una vista de una hilera para la producción de fibras en la que la cantidad de sus partes proyectadas es seis.

La Figura 9 es una vista de una hilera para la producción de fibras en la que la cantidad de sus partes proyectadas

es tres.

La Figura 10 es una vista de un circuito en el momento de la medición del rendimiento de adsorción de una columna.

5 Realizaciones de la invención

Las fibras porosas de la presente invención adoptan la configuración/forma de las fibras porosas que no tienen una porción hueca que se denominan fibra en estado sólido. En el caso de la fibra hueca, aunque una superficie externa de la fibra hueca se forme en una sección transversal modificada y el fluido que se va a someter a tratamiento se ponga en contacto solo con el exterior de la fibra hueca, no se puede usar eficazmente un área de superficie dentro de la fibra hueca. Además, cuando el fluido que se va a someter a tratamiento se hace pasar por el interior de la fibra hueca, no se puede conseguir el efecto de la sección transversal modificada. Aunque existe una técnica en la que el fluido que se va a someter a tratamiento se hace pasar tanto por el interior como por el exterior de la fibra hueca, resulta difícil la distribución uniforme al flujo interior y flujo exterior y tiende a producirse un flujo irregular. Por ejemplo, se realiza una operación en la que, después de hacerse pasar la sangre como fluido que se va a someter a tratamiento, la sangre que queda en la columna se devuelve al interior del cuerpo usando una solución salina normal (a veces denominada "reinfusión de sangre"). Sin embargo, esto no se prefiere, dado que existe el temor de la producción de un fenómeno denominado sangre remanente, en el que, en el caso de un diámetro interno pequeño de la fibra hueca, una gran cantidad de sangre permanece dentro de la fibra hueca en la reinfusión de sangre.

Además, una pluralidad de monofilamentos de fibras en estado sólido se puede combinar para formar un multifilamento, pero no se prefiere esto, dado que una porción enredada apenas entra en contacto con el fluido que se va a someter a tratamiento y existe una alta posibilidad de que el área de superficie no se pueda usar eficazmente para la adsorción. El multifilamento al que se hace referencia en la presente memoria descriptiva significa un hilo compuesto de una gran cantidad de monofilamentos. El multifilamento incluye tanto uno compuesto de las mismas fibras como uno compuesto de diferentes tipos de fibras.

Las fibras porosas de acuerdo con la presente invención tienen una forma en la que las fibras porosas tienen tres o más partes proyectadas en la parte periférica de cada fibra y las partes proyectadas están continuamente presentes en la dirección longitudinal de la fibra. Las partes proyectadas a las que se hace referencia en la presente memoria descriptiva son proyecciones que están presentes en la parte periférica de la sección transversal de cada fibra. Al tener las partes proyectadas, la forma de la fibra se modifica para aumentar el área de superficie por volumen y, en consecuencia, se puede esperar una mejora del rendimiento de adsorción.

Un límite superior de la cantidad de partes proyectadas es preferentemente 12, todavía más preferentemente ocho y particular y preferentemente seis. No se prefiere cuando la cantidad de partes proyectadas es demasiado elevada, dado que se estrecha el aclaramiento entre las partes proyectadas y, por lo tanto, se reduce el área de superficie por volumen o el fluido que se va a someter a tratamiento se vuelve difícil de entrar en contacto con la parte proyectada entre las partes proyectadas. El grado de modificación de las fibras porosas se representa mediante una relación en cuanto al diámetro entre un círculo inscrito y un círculo circunscrito en la observación de la sección transversal de fibra, es decir, una relación D_o/D_i entre el diámetro del círculo inscrito D_i y el diámetro del círculo circunscrito D_o .

En la presente memoria descriptiva, la sección transversal modificada puede tener una forma que conserve la simetría, tal como la simetría con respecto a una línea o la simetría con respecto a un punto, o puede tener una forma asimétrica; sin embargo, la sección transversal modificada tiene, preferentemente, una forma que tiene simetría en el conjunto desde el punto de vista de que tiene propiedades de fibra uniformes. Cuando se determina que la sección transversal modificada conserva la simetría con respecto a una línea o la simetría con respecto a un punto en el conjunto, el círculo inscrito es un círculo inscrito en una curva que forma el contorno de una fibra en la sección transversal de fibra y el círculo circunscrito es un círculo que circunscribe una curva que forma el contorno de una fibra en la sección transversal de fibra. Un círculo circunscrito, un círculo inscrito y los diámetros D_o y D_i , en caso de que se usen fibras con una sección transversal modificada en la que la cantidad de las partes proyectadas sea tres, se muestran en la Figura 1.

Por otro lado, cuando se determina que la sección transversal modificada no conserva la simetría con respecto a una línea o la simetría con respecto a un punto en modo alguno, el círculo inscrito y el círculo circunscrito se definen de la siguiente manera. Un círculo que tiene un radio máximo que es posible en el alcance en el que un círculo se inscribe en una curva que forma el contorno de una fibra al menos en dos puntos de tal manera que el círculo está presente solo en el interior de la fibra y la circunferencia del círculo no se interseca con la curva se considera como círculo inscrito. Un círculo que tiene un radio mínimo que es posible en el alcance en el que un círculo circunscribe una curva que forma el contorno de una fibra al menos en dos puntos de tal manera que el círculo está presente solo en el exterior de la fibra y la circunferencia del círculo no se interseca con la curva se considera como círculo circunscrito.

En cualquier forma modificada, si el grado de modificación es de 1,2 o más, resulta posible potenciar la capacidad

de una fibra para adsorber la sustancia objeto de retirada. La razón de esto es que el área de superficie por volumen generalmente se aumenta a medida que aumenta el grado de modificación y, por lo tanto, se puede mejorar el rendimiento de adsorción. Por consiguiente, un límite inferior del grado de modificación es de 1,2, más preferentemente de 1,5, todavía más preferentemente de 1,8 y particular y preferentemente de 2,0. Por otro lado, cuando el grado de modificación se aumenta excesivamente, puede surgir otro problema. Es decir, una porción central de la sección transversal de fibra y la parte proyectada de la sección transversal de fibra son estrechas y el alargamiento de resistencia de la fibra se reduce y, por lo tanto, la flexión y la rotura de la parte proyectada se producen fácilmente para causar una reducción de la estabilidad de hilado y la dificultad de mantener la forma de fibra. Además, cuando la solución de hilado en bruto que aún no se ha formado en una fibra se enfría rápidamente con el uso de viento o líquido, la parte proyectada interfiere con un flujo del viento o líquido. Como resultado de esto, existe el temor de que se desarrollen irregularidades en una microestructura, tal como la forma de fibra, la abertura de poro/superficie. A partir de esto, se prefiere poner un determinado límite superior en el grado de modificación y el límite se establece en 6,6 en la presente invención, preferentemente este es de 4,5 y más preferentemente de 3,6.

Con referencia a un método de medición del grado de modificación, ambos extremos de las fibras que son objeto de medición se fijan con una tensión de 0,1 g/mm² aplicada a las fibras y se cortan en una posición aleatoria. Posteriormente, una superficie de corte se amplía con un microscopio óptico, por ejemplo, un MICROSCOPIO DIGITAL DG-2 fabricado por Scalar Corporation, y se fotografía. En la realización de una fotografía, también se fotografía una escala con el mismo aumento. Después de digitalizarse las imágenes, se miden el diámetro del círculo circunscrito D_o y el diámetro del círculo inscrito D_i de la sección transversal de la fibra usando, por ejemplo, un soporte lógico de análisis de imágenes "Micro Measure versión 1.04" fabricado por Scalar Corporation. A continuación, el grado de modificación de cada fibra se determina a partir de la siguiente Fórmula. Esta medición se lleva a cabo en 30 localizaciones y los valores medidos se promedian y el valor obtenido mediante el redondeo del segundo lugar de decimales del valor promedio se define como grado de modificación.

$$\text{Grado de modificación} = D_o/D_i$$

Además, las fibras porosas de la presente invención tienen poros en el interior de la fibra. Por lo tanto, un límite inferior de un radio de poro promedio del poro dentro de la fibra porosa es preferentemente de 0,5 nm, más preferentemente de 1,5 nm y particular y preferentemente de 2,0 nm. Por otro lado, un límite superior del radio de poro promedio es preferentemente de 100 nm, más preferentemente de 40 nm y particular y preferentemente de 25 nm. Aunque el interior de la fibra tiene poros, en el caso de un tamaño de poro promedio pequeño, se puede reducir la eficacia de adsorción, dado que el material a adsorber no se introduce en el poro.

Por otro lado, cuando el tamaño de poro es demasiado grande, se puede reducir inversamente la eficacia de adsorción, dado que el material a adsorber no se adsorbe en una porción de cavidad. Un tamaño de poro óptimo está presente de acuerdo con el tamaño del material a adsorber que es un objeto de retirada dentro del intervalo de tamaño de poro mencionado anteriormente. Por lo tanto, si se selecciona un tamaño de poro por error, a veces resulta imposible adsorber adecuadamente el material a adsorber.

El radio de poro promedio de las fibras porosas se determina como radio de poro promedio primario mediante la medición de una depresión del punto de congelación por condensación capilar de agua en un poro mediante calorimetría de barrido diferencial (DSC) usando un calorímetro de barrido diferencial (DSC). Es decir, un material adsorbente se enfría rápidamente hasta -55 °C y se eleva la temperatura hasta 5 °C a una velocidad de 0,3 °C/min y se lleva a cabo la medición. La temperatura máxima de pico de la curva resultante se considera como punto de fusión y se calcula el radio de poro promedio primario de un poro a partir de la siguiente Fórmula:

$$\text{Radio de poro promedio primario [nm]} = (33,30 - 0,3181 \times \text{depresión de punto de fusión [°C]}) / \text{depresión de punto de fusión [°C]}$$

Además, en los anteriores métodos de medición/cálculo, se hace referencia a una descripción en el Documento No Relacionado con Patentes 1 descrito anteriormente.

Las fibras porosas de la presente invención pueden mejorar el rendimiento de adsorción mediante el aumento del área de superficie específica de poro con el fin de adsorber el material a adsorber. Por lo tanto, un límite inferior del área de superficie específica de poro es de 50 m²/g, preferentemente de 90 m²/g, más preferentemente de 120 m²/g, todavía más preferentemente de 170 m²/g y particular y preferentemente de 250 m²/g. Por otro lado, cuando el área de superficie específica de poro es demasiado grande, la resistencia mecánica es insuficiente y, por lo tanto, un límite superior del área de superficie específica de poro es preferentemente de 1.000 m²/g, más preferentemente de 800 m²/g, todavía más preferentemente de 650 m²/g y particular y preferentemente de 500 m²/g.

La medición del área de superficie específica de poro se realiza con el uso de la DSC como con el método de medición del radio de poro promedio. Un método de cálculo del área de superficie específica de poro es tal como se describe en el Documento No Relacionado con Patentes 1.

En las fibras porosas de acuerdo con la presente invención, una sección transversal de la fibra puede ser una estructura heterogénea o puede ser una estructura homogénea. Particularmente, se prefiere la fibra que tiene una estructura homogénea, dado que esta tiene una estructura homogénea en una dirección de espesor de la fibra y, por lo tanto, se puede asegurar más área de adsorción.

Sin embargo, las fibras porosas pueden tener tal estructura ligeramente de gradiente que un poro en la periferia de la fibra se amplía y el tamaño de poro se reduce gradualmente hacia una porción central de fibra con el fin de reducir la resistencia de difusión a la porción central de fibra. Además, en tal condición que los poros en la superficie más externa de la fibra se bloquean completamente debido a la obstrucción con el paso del tiempo, se reduce el riesgo de que incluso los poros del interior de la fibra se bloqueen al tener tal estructura de gradiente. En consecuencia, resulta posible suprimir un fenómeno en el que se deteriora la difusión del material a adsorber en la porción central de fibra. En tal estructura homogénea, la relación del tamaño de poro promedio en una región de superficie cercana al exterior de la fibra respecto al tamaño de poro promedio en una región central de la fibra (tamaño de poro promedio en una región de superficie cercana al exterior/tamaño de poro promedio en una región central) es de 0,50 veces o más y 3,00 veces o menos, más preferentemente de 0,75 veces o más y 2,00 veces o menos y todavía más preferentemente de 0,90 veces o más y 1,50 veces o menos. Además, no se prefiere una estructura heterogénea que tenga un macrohueco, tal como se observa a menudo en las fibras preparadas mediante un método de separación de fases inducido por no disolventes, dado que esta reduce el área de superficie por volumen y deteriora las propiedades físicas de la fibra. El macrohueco al que se hace referencia en la presente memoria descriptiva es un poro esférico que tiene un diámetro de 25 μm o más. El diámetro al que se hace referencia en la presente memoria descriptiva se refiere a un diámetro menor de un poro, en caso de que la forma del poro sea diferente de una esfera, por ejemplo, una forma de huevo.

A continuación, se describirá un método de determinación de una estructura homogénea en la presente invención.

En primer lugar, las fibras porosas se humedecen adecuadamente y, a continuación, se sumergen en nitrógeno líquido para congelar el contenido de agua dentro de los poros momentáneamente con nitrógeno líquido. Posteriormente, la fibra se pliega rápidamente, el contenido de agua congelada se retira con una sección transversal de fibra expuesta en un secador de vacío de 13,33 Pa (0,1 torr) o menos para obtener una muestra seca. Posteriormente, se forma una película delgada de platino (Pt) o de platino-paladio (Pt-Pd) sobre la superficie de la fibra mediante pulverización catódica para formar una muestra de observación. La sección transversal de la muestra se observa usando un microscopio electrónico de barrido (por ejemplo, fabricado por Hitachi High-Technologies Corp., S-5500). En la presente memoria descriptiva, se selecciona arbitrariamente un radio que pasa por un punto de centro de una sección transversal de fibra y se trazan círculos concéntricos que pasan por puntos que dividen un segmento de línea de radio en cinco longitudes iguales, tal como se muestra en la Figura 2, y una región que incluye un punto de centro se denomina región central y un lado que es el más cercano a una periferia se denomina región de superficie cercana al exterior.

Se determina un diámetro equivalente de círculo que está presente en cada una de la región central y la región de superficie cercana al exterior para obtener el tamaño de poro promedio en cada región. En el cálculo del tamaño de poro promedio en cada región, usando un microscopio electrónico de barrido (aumento: 50.000 veces), se seleccionan y fotografían arbitrariamente áreas de 2 μm x 2 μm de 20 localizaciones y se mide un poro cuyo cuerpo completo está incluido en una fotografía tomada y se calcula el tamaño de poro promedio. En la medición de un tamaño de poro, se superpone una lámina transparente a una imagen de microscopio electrónico impresa y una porción de poro se oscurece usando un marcador de color negro. Posteriormente, mediante el copiado de la lámina transparente sobre un papel de color blanco, se distingue claramente un área de poro de color negro de un área no de poro de color blanco y se determina el tamaño de poro usando un soporte lógico de análisis de imágenes.

Cuando la relación del tamaño de poro promedio en una región de superficie cercana al exterior de la fibra respecto al tamaño de poro promedio en una región central de la fibra (tamaño de poro promedio en una región de superficie cercana al exterior/tamaño de poro promedio en una región central) es de 0,50 veces o más y 3,00 veces o menos, se supone que las fibras porosas tienen una estructura homogénea. La relación mencionada anteriormente del tamaño de poro promedio es más preferentemente de 0,75 veces o más y 2,00 veces o menos y todavía más preferentemente de 0,90 veces o más y 1,50 veces o menos.

Además, un índice de distribución del tamaño de poro de las fibras porosas es preferentemente de 1,0 o más y 2,8 o menos y un límite superior del mismo es más preferentemente de 2,4 y todavía más preferentemente de 1,9. La razón de esto es que resulta posible conferir la selectividad de un tamaño del material a adsorber haciendo que la distribución del tamaño de poro sea lo más uniforme posible. No se prefiere cuando el índice de distribución del tamaño de poro es mayor de 2,8, dado que se aumenta la adsorción no específica.

El índice de distribución del tamaño de poro se determina mediante un método de medición que usa la DSC como con el tamaño de poro promedio y el valor obtenido mediante la división de un radio de poro promedio secundario por un radio de poro promedio primario se considera como índice de distribución del tamaño de poro. Con respecto a los métodos de medición/cálculo detallados, se hace referencia a una descripción en el Documento No Relacionado

con Patentes 1.

Asimismo, las fibras porosas usadas en la presente invención tienen preferentemente una estructura de red tridimensional. La estructura de red tridimensional a la que se hace referencia en la presente memoria descriptiva se refiere a una estructura en la que se controla un índice de la forma de poro Dxy.

Índice de la forma de poro en la sección transversal en la dirección de eje de la fibra $D_{xy} = (\text{tamaño de poro en la dirección longitudinal de la fibra}) / (\text{tamaño de poro en la dirección de la sección transversal de la fibra})$

Un límite inferior del Dxy es de 0,2, más preferentemente de 0,4 y todavía más preferentemente de 0,6. Un límite superior del Dxy es de 6,0, más preferentemente de 4,0 y todavía más preferentemente de 2,5. Dado que las fibras preparadas mediante un método de abertura por estiramiento o similar tienen una estructura orientada característica en una dirección longitudinal de la fibra, las fibras generalmente tienen una estructura en la que el Dxy es muy alto, siendo menos que preferido.

A continuación, se describe un método de medición del Dxy. Se pegó una cinta de doble cara a una placa de plástico, tal como poliestireno, y se fijó una fibra objeto de medición sobre la misma. La fibra pegada se corta en la dirección longitudinal con una cuchilla para exponer una sección transversal en la dirección longitudinal de la fibra y se pega a una platina de muestra de un microscopio electrónico de barrido con una cinta de doble cara. El corte requiere precaución, dado que no se pueden obtener imágenes exactas si los poros se aplastan debido a este corte. Posteriormente, se forma una película delgada de platino (Pt) o de platino-paladio (Pt-Pd) sobre la superficie de la fibra mediante pulverización catódica para formar una muestra de observación. Se observa una sección transversal en la dirección longitudinal de la fibra con un aumento de 50.000 veces usando un microscopio electrónico de barrido de un tipo de emisión de campo (por ejemplo, el fabricado por Hitachi High-Technologies Corp., S-5500) y las imágenes de 10 puntos seleccionados arbitrariamente se capturan en un ordenador. El tamaño de las imágenes a capturar es preferentemente de 640 píxeles x 480 píxeles. A partir de una imagen así obtenida, se extraen arbitrariamente 5 poros y se determinan el tamaño de poro en la dirección longitudinal de la fibra, el tamaño de poro en la dirección de un eje de fibra y la relación entre ambos tamaños de poro de cada poro. Este procedimiento se lleva a cabo en las imágenes de 10 puntos mencionadas anteriormente para determinar la relación anterior en un total de 50 poros, se calcula el promedio de estas relaciones y el valor obtenido mediante el redondeo del segundo lugar de decimales del promedio se define como Dxy.

Con el fin de hacer que el rendimiento de adsorción sea suficiente, resulta importante controlar el espesor de la capa densa que está presente en las proximidades de la superficie de la fibra porosa. Cuando el espesor de la capa densa es demasiado grande, el material a adsorber no se puede difundir eficazmente a los poros dentro de las fibras, lo que da como resultado un deterioro del rendimiento de adsorción. Por lo tanto, el espesor de capa densa en la región cercana a la superficie de las fibras es de 1,60 μm o menos. Además, cuando la capa densa no está presente, es decir, en el caso de la fibra en la que una estructura de red tridimensional interna se expone al exterior, existe la posibilidad de que la estructura de red tridimensional se dañe mediante la aplicación de una fuerza física externa, dado que la estructura de red tridimensional es dinámicamente frágil. Como resultado de esto, también existe la posibilidad de que se deteriore el rendimiento de adsorción o las partículas finas generadas debido a daños fluyan fuera de la columna. Asimismo, desde el punto de vista de mantener establemente la forma de la sección transversal modificada, que esté presente una capa densa de 0,01 μm o más.

Con el fin de medir el espesor de la capa densa en la región cercana a la superficie de las fibras, se usan las secciones transversales de fibra que se obtienen mediante el mismo método que en la muestra de observación preparada en la determinación de la estructura homogénea descrita anteriormente. Las secciones transversales de las fibras se observan con un aumento de 30.000 veces usando un microscopio electrónico de barrido (por ejemplo, el fabricado por Hitachi High-Technologies Corp., S-5500) y las imágenes se capturan en un ordenador. El tamaño de las imágenes a capturar es preferentemente de 640 píxeles x 480 píxeles. A continuación, la fibra se observa con la SEM para medir el tamaño de poro de un poro que se puede identificar en una sección transversal de fibra. En la presente memoria descriptiva, cuando se bloquea un poro en la sección transversal, se rehace la preparación de una muestra. Además, el bloqueo de un poro se puede producir mediante la modificación de una fibra debido al esfuerzo aplicado durante el corte de la fibra porosa. Se recorta una imagen de SEM en forma de un cuerpo rectangular que tiene una longitud de 6 μm en una dirección paralela a la superficie de la fibra porosa y una longitud arbitraria en una dirección perpendicular a la superficie de la fibra porosa y la imagen se somete a análisis de imágenes mediante un soporte lógico de procesamiento de imágenes. La longitud en una dirección perpendicular a la superficie puede ser una longitud dentro de la que se encuentra la capa densa. Se determina el nivel de umbral, de tal manera que una porción de estructura que constituye una fibra es luminancia brillante y la otra porción es luminancia oscura, mediante el procesamiento de binarización y se obtiene una imagen en la que una porción de luminancia brillante es de color blanco y una porción de luminancia oscura es de color negro. Cuando la porción de estructura no se puede separar de la otra porción, dado que la diferencia de contraste en la imagen es pequeña, la imagen se corta y se separa en una parte en la que el intervalo de contraste es igual, cada parte separada se somete a un procesamiento de binarización y, a continuación, se combinan entre sí y se devuelven a una imagen. Por otro lado, el análisis de imágenes de la imagen se puede llevar a cabo mediante el oscurecimiento de un área diferente

de la porción de estructura. En una imagen se fotografía una sección de la capa más externa de la sección transversal a una capa posterior y puede haber casos en los que un poro se observe doblemente en una dirección de profundidad y, en este caso, se mide un poro en un lado poco profundo. Cuando una parte de un poro está presente fuera del área de imagen del objeto de medición, se excluye el poro. Se calcula el número de píxeles de una barra de escala que indica una longitud conocida en la imagen y una longitud por número de píxeles de 1. Se mide el número de píxeles de un poro y se determina el área de poro mediante la multiplicación del número de píxeles de un poro por un cuadrado de longitud por número de píxeles de 1. El diámetro de un círculo correspondiente a un área de poro se calcula en la siguiente Fórmula y este se considera como tamaño de poro. Cuando se usa "3,14" como constante circular, si el área de poro es de 78,5 (nm²), el tamaño de poro es de 10 nm.

$$\text{Tamaño de poro} = (\text{área de poro}/\text{constante circular})^{0.5} \times 2$$

Se identifica el poro que tiene un tamaño de poro de 10 nm o más y la capa donde el poro no está presente se considera la capa densa y la distancia más corta de las distancias de los poros que tienen un tamaño de poro de 10 nm o más a la superficie de fibra se considera el espesor de la capa densa. Es decir, de los poros que tienen un diámetro de 10 nm o más, se recogen 5 puntos que se encuentran en orden creciente en una distancia desde la superficie de fibra y se traza una línea vertical desde cada punto hasta un plano que es tangente a la superficie de fibra y se determina la distancia en la línea vertical entre la superficie de fibra y el poro que tiene un diámetro de 10 nm o más. Se lleva a cabo una medición similar en 10 láminas de imágenes y el valor obtenido mediante el redondeo del tercer lugar de decimales de un valor promedio de 50 datos medidos en total se define como espesor de capa densa en la región cercana a la superficie de una fibra.

Además, como método de control del espesor de capa densa en la región cercana a la superficie de las fibras, resulta importante un control de estructura de la superficie de fibra en una parte seca en el hilado. Con el fin de fijar (solidificar) una estructura de una solución de hilado en bruto que tenga fluidez para formar una forma de fibra, a veces, la solución en bruto se pone en contacto con un (no) disolvente deficiente o se enfría. La parte seca se refiere a una porción donde, después de descargarse la solución de hilado en bruto de la hilera, circula en el aire hasta que esta entra en contacto con el disolvente deficiente o hasta que la solución de hilado en bruto se fija estructuralmente por completo mediante enfriamiento. Cuando la solución de hilado en bruto se fija estructuralmente, la región cercana a la superficie de la solución en bruto se encuentra en un estado en el que el nivel de energía es alto. Por lo tanto, se piensa que un componente de soporte, tal como un polímero, se coagula en el contacto con un disolvente deficiente o la humedad contenida en el aire y, de este modo, se forma una superficie de fibra. Por lo tanto, resulta necesario determinar en cierta medida la estructura porosa de la solución de hilado en bruto antes de que la solución de hilado en bruto entre en contacto con el disolvente deficiente, en concreto, en una parte seca. Específicamente, resulta importante que se induzca rápidamente la separación de fases después de la descarga de la solución en bruto y que crezca y se amplíe adecuadamente la estructura de poro antes del contacto con el disolvente deficiente y que se enfríe la fibra en la parte seca para aumentar la viscosidad de la solución en bruto y, de este modo, que se suprima la coagulación debida a la reducción de la movilidad de un componente de soporte. Con el fin de conseguir esto, resulta importante llevar un tiempo de retención adecuado en la parte seca. Por consiguiente, el tiempo de retención es de 0,05 segundos o más, preferentemente de 0,20 segundos o más y más preferentemente de 0,40 segundos o más. El tiempo de retención se calcula mediante la siguiente Fórmula.

$$\text{Tiempo de retención (s)} = \text{longitud de parte seca (m)}/\text{velocidad de captación (m/s)}$$

El área de poro de la superficie de fibra se puede aumentar mediante la reducción del espesor de la capa densa de superficie. Una relación de poros de superficie de la fibra porosa es preferentemente del 0,5% o más, más preferentemente del 1,5 % o más y particular y preferentemente del 2,0 % o más. Se prefiere cuando la relación de poros es alta, dado que el material a adsorber en el fluido que se va a someter a tratamiento se difunde fácilmente a un sitio de adsorción dentro de la fibra. Por otro lado, un límite superior de la relación de poros de superficie es del 30 %, todavía más preferentemente del 16 % y particular y preferentemente del 12 %. No se prefiere cuando la relación de poros es demasiado alta, dado que esto da como resultado una reducción de la resistencia de fibra o un aumento de la rugosidad de superficie. Además, las partículas finas producidas dentro de un poro fluyen fácilmente fuera de la fibra.

Como método de medición de la relación de poros de superficie, se observan las secciones transversales de fibra que se obtienen mediante el mismo método que en la muestra de observación preparada en la determinación de la estructura homogénea descrita anteriormente con un aumento de 50.000 veces usando un microscopio electrónico de barrido (el fabricado por Hitachi High-Technologies Corp., S-5500) y las imágenes observadas se capturan en un ordenador. El tamaño de las imágenes a capturar es preferentemente de 640 píxeles x 480 píxeles. Se recorta un área de 6 µm x 6 µm de la imagen de SEM en una posición arbitraria y se somete a análisis de imágenes mediante un soporte lógico de procesamiento de imágenes. Se determina el nivel de umbral, de tal manera que una porción de estructura es luminancia brillante y la otra porción es luminancia oscura, mediante el procesamiento de binarización y se obtiene una imagen en la que una porción de luminancia brillante es de color blanco y una porción de luminancia oscura es de color negro. Cuando la porción de estructura no se puede separar de la otra porción, dado que la diferencia de contraste en la imagen es pequeña, la imagen se corta y se separa en una parte en la que

el intervalo de contraste es igual, cada parte separada se somete a un procesamiento de binarización y, a continuación, se combinan entre sí y se devuelven a una imagen. Por otro lado, el análisis de imágenes de la imagen se puede llevar a cabo mediante el oscurecimiento de un área diferente de la porción de estructura. Una porción de luminancia oscura, en la que se incluyen interferencias en la imagen y el número de píxeles continuos es de cinco o menos, se manipula como porción de luminancia brillante como estructura, dado que la interferencia no se puede distinguir del poro. Un método de eliminación de interferencias incluye un método de exclusión de la porción de luminancia oscura, en la que el número de píxeles continuos es de cinco o menos en el recuento del número de píxeles. Por otro lado, la porción de interferencia se puede blanquear. Se recuenta el número de píxeles en la porción de luminancia oscura y se calcula el porcentaje con respecto al número total de píxeles en la imagen de análisis y el porcentaje se define como relación de poros. Se lleva a cabo la misma medición en 30 imágenes y se calcula el promedio.

Resulta importante la forma de la parte proyectada en la fibra porosa. Los ejemplos del elemento que representa la forma de la parte proyectada incluyen el ancho de la parte proyectada ω y el exponente de forma de la parte proyectada ω/D_i .

En la Figura 3, se muestra una definición del ancho de la parte proyectada ω . Se determina un punto que divide, en dos longitudes iguales, un segmento de línea (segmento de línea 1) que se conecta entre un punto de una porción de punta de una parte proyectada y un punto en el que una línea recta que se conecta entre un centro de un círculo inscrito y una porción de punta de una parte proyectada y el círculo inscrito se intersectan, se traza una línea que pasa por el punto determinado y que se intersecta ortogonalmente con el segmento de línea 1 en ambos anchos de la parte proyectada para formar un segmento de línea 2 y se determina la longitud del segmento de línea 2. En la medición específica, tal como se ha descrito anteriormente, el ancho de la parte proyectada se calcula usando un microscopio óptico y un soporte lógico de análisis de imágenes y todas las partes proyectadas en la sección transversal de fibra se midieron y promediaron. Este trabajo se lleva a cabo en 25 localizaciones seleccionadas arbitrariamente en la sección transversal de fibra y el valor obtenido mediante el redondeo del tercer lugar de decimales de un valor promedio se define como ancho de parte proyectada ω .

D_i es, tal como se ha descrito anteriormente, el diámetro de un círculo inscrito de la sección transversal de fibra que se mide en la determinación del grado de modificación. Cuando ω es demasiado espeso o cuando ω/D_i es demasiado grande, aunque ω no sea espeso, las fibras tratan de introducirse en el baño de coagulación, incluyendo un disolvente deficiente, con un enfriamiento insuficiente de la parte proyectada en la parte seca. En este caso, el componente de soporte presente en las proximidades de la superficie se coagula/deposita fácilmente y esto puede conducir a un aumento del espesor de la capa densa en la región cercana a la superficie o una reducción de la relación de poros de superficie. El aumento del espesor de la capa densa o la reducción de la relación de poros de superficie tiende a interferir con la difusión del material a adsorber al interior del poro para provocar una reducción significativa del rendimiento de adsorción. Por lo tanto, un límite superior del ancho de la parte proyectada ω es preferentemente de 200 μm , aún más preferentemente de 135 μm , y de manera particularmente preferente de 100 μm . Además, un límite superior de ω/D_i es preferentemente de 2,0, más preferentemente de 1,6 y todavía más preferentemente de 1,1. Por otro lado, no se prefiere cuando el ω es demasiado delgado o el ω/D_i es demasiado pequeño, dado que la flexión o las virutas de la parte proyectada se generan fácilmente y la superficie por volumen no puede ser adecuadamente grande. Por lo tanto, un límite inferior del ancho ω de la parte proyectada es preferentemente de 5 μm , más preferentemente de 10 μm y todavía más preferentemente de 25 μm . Además, un límite inferior del ω/D_i es preferentemente de 0,05, más preferentemente de 0,10 y todavía más preferentemente de 0,20.

Un límite superior de un diámetro equivalente de círculo de una sección transversal que incluye la parte proyectada de la fibra porosa es preferentemente de 300 μm , más preferentemente de 240 μm , todavía más preferentemente de 190 μm y particular y preferentemente de 160 μm . No se prefiere cuando el diámetro equivalente de círculo es demasiado grande, dado que se reduce la cantidad empaquetada de las fibras por unidad de volumen en el empaquetamiento de las fibras en una columna, lo que da como resultado una reducción del área de superficie por volumen.

Además, a veces, las fibras se introducen en un baño de coagulación, incluyendo un disolvente deficiente, sin enfriarse adecuadamente, dado que la eficiencia de enfriamiento de las fibras descargadas disminuye o resulta difícil mantener la forma de una fibra, lo que da como resultado una reducción del grado de modificación. En este caso, un material de soporte cercano a la superficie, tal como un polímero, se coagula/deposita fácilmente, lo que da como resultado un aumento del espesor de la capa densa en la región cercana a la superficie o una reducción de la relación de poros de superficie. Por otro lado, un límite inferior del diámetro equivalente de círculo es preferentemente de 10 μm , más preferentemente de 30 μm y particular y preferentemente de 50 μm . No se prefiere cuando el diámetro equivalente de círculo es demasiado pequeño, dado que la resistencia de las fibras disminuye y la estabilidad/productividad del hilado y las fibras se vuelven frágiles. Además, se puede concebir que un sitio de adsorción se sature fácilmente, dado que el volumen por área de superficie es demasiado pequeño.

Con referencia a un método de medición del diámetro equivalente de círculo de una sección transversal mencionado

anteriormente, ambos extremos de las fibras que son objeto de medición se fijan con una tensión de 0,01 a 0,1 g/mm² aplicada a las fibras y se cortan. Posteriormente, una superficie cortada se amplía con un microscopio óptico y se fotografía. De este modo, también se fotografía una escala con el mismo aumento. Después de digitalizarse las imágenes, usando, por ejemplo, un soporte lógico de análisis de imágenes "Micro Measure versión 1.04" fabricado por Scalar Corporation, se traza la periferia de la sección transversal de la fibra para determinar el área de sección transversal S y se calcula el diámetro equivalente de círculo de cada abertura a partir de la siguiente Fórmula. Se calcula el promedio de mediciones de 30 puntos y se redondea el primer lugar de decimales del promedio.

$$\text{Diámetro equivalente de círculo de la sección transversal} = 2 \times (S/\pi)^{1/2}$$

El material de las fibras porosas en la presente invención no está particularmente limitado, sin embargo, se usan adecuadamente sustancias orgánicas desde el punto de vista de la facilidad del proceso de formación y el coste y se usan el polimetilmetacrilato (en lo sucesivo en la presente memoria descriptiva, denominado PMMA), el poliacrilonitrilo (en lo sucesivo en la presente memoria descriptiva, denominado PAN), la polisulfona, la poliétersulfona, la poliarilétersulfona, el polipropileno, el poliestireno, el policarbonato, la celulosa, el triacetato de celulosa, el copolímero de etileno-alcohol vinílico o similares. Particularmente, las fibras porosas contienen preferentemente un material que es hidrófobo en cierta medida y tiene una característica de capacidad de adsorción de proteínas y los ejemplos del material incluyen PMMA, PAN y similares. Se prefieren el PMMA y PAN, dado que estos son ejemplos típicos de una fibra que tiene una estructura uniforme en una dirección de espesor y logran fácilmente una estructura homogénea y una estructura en la que la distribución del tamaño de poro sea nítida. Además, se prefiere un polímero que contenga un grupo éster, dado que este tiene una excelente biocompatibilidad y ejerce fácilmente una función mediante el control de un grupo terminal. Particularmente, se prefiere el PMM, dado que este es un polímero amorfo y excelente en cuanto a la procesabilidad y el coste de formación y tiene alta transparencia y, por lo tanto, la observación del estado interno de la fibra es relativamente fácil para facilitar la evaluación de una condición de obstrucción. Además, las fibras porosas pueden tener carga negativa. También se indica que, al contener un grupo funcional que tenga una carga negativa en al menos una parte del material, se aumenta la propiedad hidrófila y el material tiende a dispersarse finamente (es decir, se forman muchos poros finos). Los ejemplos del grupo funcional que tiene una carga negativa incluyen un grupo sulfo, un grupo carboxilo, un grupo fosfato, un grupo ácido fosforoso, un grupo éster, un grupo sulfito, un grupo hidrosulfito, un grupo sulfuro, un grupo fenólico, un grupo hidroxisililo y similares. Entre estos compuestos, se selecciona al menos uno de un grupo sulfo, un grupo carboxilo y un grupo éster. Los ejemplos de compuestos que tienen un grupo sulfo incluyen ácido vinilsulfónico, ácido acril sulfónico, ácido metacril sulfónico-ácido p-estirenosulfónico, ácido 3-metacriloxipropanosulfónico, ácido 3-acriloxipropanosulfónico, ácido 2-acrilamida-2-metilpropanosulfónico y sal de sodio, sal de potasio, sal de amonio, sal de piridina, sal de quinolina, sal de tetrametilamonio de los mismos. La cantidad de una carga negativa es preferentemente de 5 μ eq. o más y 30 μ eq. o menos por 1 g de fibras secas. La cantidad de una carga negativa se puede medir usando, por ejemplo, un método de valoración.

En la producción de fibras porosas de acuerdo con la presente invención, la viscosidad de una solución de hilado en bruto resulta importante para la preparación de las fibras porosas. Es decir, la viscosidad de la solución de hilado en bruto es demasiado baja, la fluidez de la solución en bruto es alta y, por lo tanto, resulta difícil mantener la forma deseada. Por lo tanto, un límite inferior de la viscosidad de la solución en bruto es preferentemente de 1 Pa·s (10 poises), más preferentemente de 9 Pa·s (90 poises), todavía más preferentemente de 40 Pa·s (400 poises) y particular y preferentemente de 80 Pa·s (800 poises). Por otro lado, cuando la viscosidad es demasiado alta, la estabilidad de la descarga se deteriora o el mezclado de la solución en bruto se vuelve difícil debido a un aumento de la pérdida de presión en el momento de la descarga de la solución en bruto. Por lo tanto, un límite superior de la viscosidad de la solución en bruto a la temperatura de la parte de hilera de hilado es de 10.000 Pa·s (100.000 poises) y más preferentemente de 5.000 Pa·s (50.000 poises).

La medición de la viscosidad se realiza mediante un método de bola descendente en una cámara termostática establecida a una temperatura de hilado de acuerdo con la JIS Z 8803. Específicamente, un tubo de viscosidad con un diámetro interior de 40 mm se llena de una solución de hilado en bruto y una bola de acero (material: SUS 316) de 2 mm de diámetro se deja caer en la solución en bruto y se mide el tiempo requerido para que la bola caiga 200 mm para determinar la viscosidad. La temperatura en el momento de la medición se establece en 92 °C.

Con el fin de preparar las fibras porosas de acuerdo con la presente invención, resulta importante controlar la configuración de la abertura de descarga de la hilera de hilado, además de la composición de una solución de hilado en bruto y el mecanismo en la parte seca. Particularmente, las fibras porosas de la presente invención tienen un grado de modificación muy alto. Por lo tanto, en la hilera que tiene una forma casi similar a la sección transversal de una fibra a obtener, tal como se observa en un concepto de diseño de hilera convencional, dado que el área de sección transversal de una abertura de descarga de la hilera es grande, se aumenta el estiraje en la parte seca y se generan fácilmente un diámetro de fibra irregular o un grado de modificación irregular denominado resonancia de estirado y el hilado resulta difícil. Es decir, tal como se muestra en la Figura 4 y la Figura 5, la configuración de la abertura de descarga de la hilera de hilado tiene, preferentemente, una porción de círculo central, una porción de hendidura y una porción de círculo de punta. Además, resulta necesario diseñar adecuadamente el diámetro del círculo central D, el ancho de la porción de hendidura W, la longitud de la porción de hendidura L y el diámetro del

círculo de punta d.

La porción de hendidura resulta importante en la determinación del grado de modificación y el grado de modificación se puede mejorar mediante el aumento del valor de L/W obtenido mediante la división de la longitud de la porción de hendidura L por W . Por lo tanto, un límite inferior de la L/W es preferentemente de 1,9, más preferentemente de 2,8, todavía más preferentemente de 5,5 y particular y preferentemente de 9,5. Por otro lado, cuando la L/W es demasiado grande, la forma de la parte proyectada de la fibra es estrecha e inestable y se produce fácilmente la aglutinación de la parte proyectada dentro de un hilo individual. Por lo tanto, un límite superior de la L/W es de 50 y particular y preferentemente de 20.

El diámetro del círculo de punta d tiene preferentemente un valor de un determinado valor o más en la formación de una forma de una sección transversal modificada y el ancho de la parte proyectada se puede controlar mediante el cambio de d . Es decir, el ancho de la parte proyectada y el exponente de forma de la parte proyectada w/D_i se pueden aumentar a medida que aumenta el d . Sin embargo, el ancho de la parte proyectada y el w/D_i demasiado grandes hacen que la ampliación de la porción de punta provoque una modificación de la forma de sección transversal (la aglutinación de la parte proyectada dentro de una fibra individual) debido a un enfriamiento insuficiente en la parte seca, un aumento del espesor de la capa densa en la superficie en la porción ampliada y una reducción de la relación de poros de superficie. Por lo tanto, un límite superior del d es de 1,0 mm, más preferentemente de 0,6 mm y particular y preferentemente de 0,3 mm.

Cuando el valor de W es demasiado pequeño, se aumenta la pérdida de presión en una porción de hilera, la influencia del efecto Barus se vuelve grande o el procesamiento de la propia hilera se vuelve difícil. Por lo tanto, un límite inferior del W es de 0,005 mm, más preferentemente de 0,010 mm y todavía más preferentemente de 0,030 mm. Por otro lado, cuando el W es demasiado grande, se aumenta el área de sección transversal de una parte de descarga, se aumenta el estiraje en la parte seca y se generan fácilmente un diámetro de fibra irregular o un grado de modificación irregular denominado resonancia de estirado y el hilado resulta difícil. Un límite superior del W es de 1,00 mm, más preferentemente de 0,50 mm y todavía más preferentemente de 0,25 mm.

El círculo central 9 no ha de existir; sin embargo, este existe, preferentemente, para el control de la forma de sección transversal de la fibra con una sección transversal modificada. Es decir, se puede aumentar el caudal de una porción central en toda la hilera mediante la provisión del círculo central 9. Por lo tanto, el ancho de la parte proyectada y el exponente de forma de la parte proyectada w/D_i se pueden disminuir a medida que se aumenta el D .

Además, cuando la velocidad del viento del aire frío de la parte seca es demasiado alta, se puede producir una modificación de la forma de sección transversal, particularmente, una aglutinación en un hilo individual entre las partes proyectadas en una sección transversal de fibra individual. Por otro lado, cuando la velocidad del viento es demasiado baja, la fijación de la forma de fibra se vuelve difícil, lo que da como resultado las variaciones del diámetro de hilo y la forma de fibra. Por lo tanto, un límite inferior de la velocidad del aire frío es preferentemente de 0,5 m/s, más preferentemente de 0,8 m/s y todavía más preferentemente de 1,5 m/s. Un límite superior es preferentemente de 20,0 m/s, más preferentemente de 15,0 m/s y todavía más preferentemente de 11,0 m/s.

Una aplicación de las fibras porosas en la presente invención es de gran diversidad y las fibras porosas se pueden usar en diversos campos, tales como la atención médica, el tratamiento de agua y la purificación. Particularmente, en una aplicación de atención médica, las fibras porosas se usan adecuadamente para la retirada de proteínas patógenas, bacterias y virus de la sangre y el plasma en sangre o un fluido corporal. Los ejemplos de proteínas patógenas incluyen citocina, β_2 -microglobulina (β_2 -MG), IgG, complejos inmunitarios, LDL y similares. Además de esto, cuando se usan en el tratamiento de agua, las fibras porosas se usan adecuadamente para la retirada de sustancias húmicas, productos de corrosión de metales y similares.

Como método de hilado para la obtención de las fibras de la presente invención, se puede emplear cualquiera de hilado por fusión e hilado en solución; sin embargo, se prefiere el hilado en solución, dado que, en el hilado en solución, una fibra porosa que tenga una estructura relativamente uniforme se obtiene fácilmente mediante la retirada rápida de únicamente un disolvente de un estado en el que un componente de soporte se disuelva uniformemente en el disolvente. Por lo tanto, la solución de hilado en bruto incluye, preferentemente, un componente de soporte, tal como una resina, y un buen disolvente, en el que se puede disolver el componente de soporte. Aunque un tercer componente, tal como las partículas finas, se puede mezclar como material formador de poros o dispersante, existe la posibilidad de que la eficacia de lavado se pueda deteriorar o que se pueda requerir la fijación mediante reticulación posterior, según las condiciones de uso.

Cuando el rendimiento de adsorción por volumen de las fibras porosas es bajo, las fibras porosas no se prefieren como material adsorbente y no presentan un buen rendimiento de adsorción, aunque estén empaquetadas en una columna o similar. Con el fin de garantizar el rendimiento de adsorción, el número de fibras a empaquetar se ve obligado a aumentar y esto conduce a un aumento del volumen de columna para provocar un aumento de costes y una reducción de la capacidad de manipulación. Particularmente, cuando el fluido que se va a someter a tratamiento es sangre, dado que se aumenta la cantidad de sangre a extraer del cuerpo, existe la posibilidad de que se desarrolle

un efecto secundario grave, tal como una caída de la presión sanguínea. Por tanto, cuando el material a adsorber es la β_2 -MG, el rendimiento de adsorción por volumen de las fibras es preferentemente de 0,005 mg/cm³ o más, más preferentemente de 0,014 mg/cm³ o más, todavía más preferentemente de 0,020 mg/cm³ o más y particular y preferentemente de 0,031 mg/cm³ o más.

El rendimiento de adsorción de las fibras se puede medir fácilmente mediante un proceso discontinuo mediante el uso de la β_2 -MG, como objeto de adsorción, que es una proteína patógena de la amiloidosis relacionada con la diálisis de la enfermedad intercurrente de la diálisis a largo plazo.

Un método de medición del rendimiento de adsorción es el siguiente. En primer lugar, la sangre de ganado bovino a la que se añade etilendiamina tetraacetato disódico se ajusta de tal manera que el hematocrito sea del 30 $\pm$ 3 % y la cantidad de proteína total sea de 6,5 $\pm$ 0,5 g/dl. Además, se usa un plasma en sangre bovino dentro de los 5 días posteriores a la extracción de sangre. A continuación, se añade la β_2 -MG para tener una concentración de 1 mg/l y la mezcla resultante se agita.

Asimismo, las fibras porosas se cortaron en un haz de 8 cm de longitud y se colocó el haz en, por ejemplo, un tubo de centrífuga de 15 ml fabricado por GREINER Japan Co., de tal manera que el volumen de las fibras era de 0,0905 cm³, y, a esto, se añadieron 12 ml del plasma en sangre bovino anterior y la mezcla resultante se agitó a temperatura ambiente (de 20 °C a 25 °C) durante 1 hora usando un agitador oscilante, por ejemplo, Wave-SI fabricado por TAITEC CORPORATION, y estableciendo una escala en 38 y un ángulo al máximo (una vuelta en 1,7 segundos). Con el fin de medir la concentración de β_2 -MG antes de la agitación de C1 (mg/ml) y la concentración de β_2 -MG después de la agitación de C2 (mg/ml), se tomó 1 ml de una muestra antes y después de la agitación y se almacenó en un congelador a -20 °C o menos. La concentración de β_2 -MG se midió mediante aglutinación de látex y se calculan la cantidad adsorbida por volumen de fibra y la cantidad adsorbida por área de superficie de fibra a partir de las siguientes expresiones.

$$\text{Cantidad adsorbida por volumen de fibra (mg/cm}^3\text{)} = (C1 - C2) \times 12/0,0905$$

$$\text{Cantidad adsorbida por área de superficie de fibra (}\mu\text{g/cm}^2\text{)} = (C1 - C2) \times 12/(\text{área de superficie total de fibras en cm}^2\text{)} \times 1.000$$

Las fibras porosas de la presente invención se pueden usar como columna de purificación mediante su incorporación en una carcasa que tiene una entrada y una salida del fluido que se va a someter a tratamiento.

Los ejemplos de una forma de la carcasa incluyen cuerpos tubulares angulares, tales como un cuerpo tubular cuadrado y un cuerpo tubular hexagonal, y un cuerpo cilíndrico, en el que ambos extremos son un extremo abierto, y, entre estos, se prefiere el cuerpo cilíndrico, particularmente, un cuerpo tubular con una sección transversal completamente circular. La razón de esto es que, dado que la carcasa no tiene una esquina, se puede suprimir el estancamiento de la sangre en una porción de esquina. Además, dado que ambos lados son, cada uno, un extremo abierto, el flujo del fluido que se va a someter a tratamiento difícilmente se vuelve agitado y, por lo tanto, se puede minimizar la pérdida de presión. Además, la carcasa es, preferentemente, un instrumento compuesto de plástico, metal o similares. Cuando se usa el plástico, por ejemplo, se usa una resina termoplástica que tiene una excelente resistencia mecánica y una excelente estabilidad térmica. Los ejemplos específicos de tal resina termoplástica incluyen resinas a base de policarbonato, resinas a base de alcohol polivinílico, resinas a base de celulosa, resinas a base de poliéster, resinas a base de poliácido, resinas a base de poliimida, resinas a base de poliolefinas cíclicas, resinas a base de polisulfona, resinas a base de poliétersulfona, resinas a base de poliolefinas, una resina de poliestireno, resinas a base de alcohol polivinílico y mezclas de las mismas. Entre estas resinas, el polipropileno, el poliestireno, el policarbonato y los derivados de los mismos se prefieren desde el punto de vista de la capacidad de formación y la resistencia a la radiación. Particularmente, las resinas que tienen una transparencia excelente, tales como el poliestireno y el policarbonato, resultan favorables para garantizar la seguridad, dado que se puede reconocer un estado interno en la perfusión de sangre o similares. Se prefieren las resinas que tienen una excelente resistencia a la radiación, en caso de que la radiación se realice en el momento de la esterilización. La resina se fabrica mediante moldeo por inyección mediante un troquel o mecanizado de un material. Particularmente, el plástico se usa adecuadamente desde el punto de vista del coste, la capacidad de formación, el peso y la adaptabilidad a la sangre.

Como método de sellado de un extremo de la columna de purificación, existe un método de disposición de una malla y un método en el que se fija el extremo usando una rienda, se proporciona un orificio de penetración que penetra a través de una pared divisoria y, de este modo, el interior de la carcasa se comunica con el exterior. En la presente memoria descriptiva, el orificio de penetración es una abertura que penetra a través de una parte de pared divisoria en la dirección longitudinal de la fibra porosa. Es decir, el orificio de penetración está presente en la parte de pared divisoria y penetra a través de la parte de pared divisoria y se refiere a un poro a través del que el interior de la carcasa se comunica con el exterior. Entre estos métodos, el método de disposición de una malla es más preferido que el método de formación de una pared divisoria, dado que el proceso es más fácil y la dispersabilidad del líquido en la columna es superior. Además, se puede proporcionar una malla que tenga una pérdida de presión mayor o

una placa que bloquea un flujo y se denomina deflector en una parte de la malla con el fin de potenciar adicionalmente la dispersabilidad del fluido que se va a someter a tratamiento en una columna.

Cuando la longitud de carcasa de la columna de purificación es excesivamente larga, se piensa que la inserción de las fibras porosas en una columna se deteriora o que la manipulación en el uso real como columna de purificación se vuelve difícil. Además, cuando la longitud de carcasa es excesivamente corta, esta se vuelve desventajosa, por ejemplo, en el caso de la formación de una parte de pared divisoria, o la capacidad de manipulación en la formación de las fibras en una columna es baja. Por lo tanto, la longitud de carcasa de la columna de purificación es de 1 cm o más y 500 cm o menos y todavía más preferentemente de 3 cm o más y 50 cm o menos. En la presente memoria descriptiva, la longitud de carcasa es la longitud en la dirección de eje de una carcasa tubular antes de que se dispongan las paredes divisorias o se coloquen las tapas.

Como forma de las fibras en su incorporación en una columna, se prefiere una forma recta y se prefiere insertar las fibras de la forma recta en paralelo a una dirección longitudinal de una envoltura de columna. Dado que las fibras porosas de la forma recta garantizan fácilmente una ruta de flujo del fluido que se va a someter a tratamiento, resulta fácil distribuir uniformemente el fluido que se va a someter a tratamiento en la columna. Además, tales fibras pueden suprimir la resistencia de la ruta de flujo y son ventajosas para un aumento de la pérdida de presión debido a la adhesión de una sustancia disuelta en el fluido que se va a someter a tratamiento. Por lo tanto, incluso cuando la sangre altamente viscosa es un fluido que se va a someter a tratamiento, el riesgo de coagulación en la carcasa se puede mantener bajo. Las fibras porosas también se pueden procesar como tricotado, tejido o tejido no tejido o cortar en granos de menos de 5 mm. Sin embargo, dado que se aplica una gran tensión o esfuerzo a la fibra en el procesamiento o el rallado, existe tal restricción de que no se puede aumentar la relación de poros de la fibra. Asimismo, el número de etapas de proceso aumenta mediante el procesamiento de las fibras y el coste también aumenta. Además, no se prefiere tanto cuando el fluido que se va a someter a tratamiento incluye muchas sustancias disueltas y la viscosidad es alta, dado que el procesamiento da como resultado fácilmente un aumento de presión en una columna.

El número de fibras de la forma recta a insertar en la columna es preferentemente de 1.000 a aproximadamente 500.000.

En la presente invención, un objeto es proporcionar fibras porosas en las que el material a adsorber se introduzca en el interior de las fibras y se adsorba. Por tanto, se prefiere que las fibras tengan tal forma y estructura que el material a adsorber se mueva fácilmente hacia el interior de la fibra. Además, en la presente invención, se halla que el material a adsorber se mueve fácilmente hacia el interior de la fibra porosa, cuando la pérdida de presión es grande. Sin embargo, una pérdida de presión demasiado grande afecta a una sustancia disuelta, diferente del material a adsorber. Desde este punto de vista, está presente un intervalo adecuado para la pérdida de presión de la columna y se prefiere que la pérdida de presión en el momento del paso de un plasma en sangre bovino a través de una columna a un caudal de 200 ml/min sea de 0,5 kPa o más y 30 kPa o menos. Un límite inferior de la pérdida de presión es más preferentemente de 0,7 kPa y todavía más preferentemente de 1 kPa. Un límite superior de la pérdida de presión es más preferentemente de 21 kPa y todavía más preferentemente de 9 kPa. La pérdida de presión se puede controlar mediante la relación de empaquetamiento de las fibras en una columna, el diámetro interno de la carcasa, el diámetro de la fibra y el número de fibras. En la presente invención, un límite superior de la relación de empaquetamiento de las fibras respecto a una carcasa es preferentemente del 70 %, más preferentemente del 65 % y particular y preferentemente del 62 %. Un límite inferior de la relación de empaquetamiento es preferentemente del 30 %, más preferentemente del 45 % y particular y preferentemente del 52 %. Una relación de empaquetamiento demasiado alta provoca una inserción deficiente de las fibras en una envoltura y una relación de empaquetamiento demasiado baja conduce a la desviación de las fibras en una envoltura para causar un flujo irregular en una columna.

La relación de empaquetamiento es una relación entre un volumen de carcasa (V_c) que se calcula a partir de un área de sección transversal y una longitud de una carcasa y un volumen de fibra (V_f) que se calcula a partir de un área de sección transversal de fibra de una fibra, una longitud de carcasa y el número de fibras y se determina de la siguiente manera.

$$V_c = \text{área de sección transversal de un cuerpo de carcasa} \times \text{longitud adecuada}$$

$$V_f = \text{área de sección transversal de una fibra} \times \text{número de fibras} \times \text{longitud adecuada}$$

$$V_f/V_c \times 100 (\%)$$

Cuando la carcasa tiene una porción cónica, el área de sección transversal del cuerpo de carcasa es un área de sección transversal en una sección intermedia de la carcasa.

El V_c al que se hace referencia en la presente memoria descriptiva no incluye el volumen de un elemento que no contenga fibras que sirva como puertos de salida/entrada del fluido que se va a someter a tratamiento, tales como los elementos a los que se hace referencia como encabezamiento o tapa de encabezamiento. Además, el V_f también incluye un volumen de fibras separadoras o similares en caso de que se usen las fibras separadoras para la

prevención del contacto íntimo entre fibras en una envoltura o similar. La longitud adecuada de fibra se refiere a la longitud obtenida restando la longitud de las paredes divisorias de la longitud de la carcasa y un límite superior de la longitud adecuada de una fibra es preferentemente de 5.000 mm, más preferentemente de 500 mm y particular y preferentemente de 210 mm, desde el punto de vista de que la pérdida de presión aumenta cuando las fibras se flexionan o incorporan en una columna. Además, no se prefiere cuando la longitud adecuada es demasiado corta, dado que se aumenta la cantidad de fibras a disponer en el corte de las fibras adicionales que sobresalen de una columna con el fin de alinear las longitudes de las fibras, lo que da como resultado una reducción de la productividad. Además, existe la desventaja de que la manipulación del haz de fibras se vuelve difícil. Por lo tanto, un límite inferior de la longitud adecuada de una fibra es preferentemente de 5 mm, más preferentemente de 20 mm y particular y preferentemente de 30 mm. En la medición de la longitud adecuada de una fibra, la longitud de fibra se mide en un estado de forma recta en el que ambos extremos de la fibra se estiran en el caso de una fibra ondulada. Específicamente, un lado de la fibra extraído de la columna se fija con una cinta o similar y se cuelga verticalmente y, al otro lado, se proporciona un peso de aproximadamente 8 g por área de sección transversal (mm²) de la fibra y se mide rápidamente una longitud completa cuando la fibra se vuelve recta. Esta medición se lleva a cabo en 30 fibras seleccionadas arbitrariamente en una columna o similar, se calcula un promedio de 30 fibras en milímetros y se redondea el primer lugar de decimales del promedio.

Además, cuando las fibras se usan como haz de fibras, se prefiere incluir muchas fibras porosas en la presente invención en el haz, desde el punto de vista de potenciar un área de superficie específica por volumen de la fibra y resulta posible la combinación con fibras que tienen una sección transversal con otra forma, tal como una fibra con una sección transversal circular o una fibra elíptica, en la que el número de partes proyectadas es de dos. La relación de las fibras porosas de la presente invención en el haz de fibras es del 18 % o más, más preferentemente del 33 % o más, todavía más preferentemente del 67 % o más y particular y preferentemente del 90 % o más. El haz de fibras así obtenido se puede usar adecuadamente como material adsorbente que tiene un alto rendimiento de adsorción.

Las aplicaciones de tal haz de fibras y columna de purificación en la que se incorpora el haz de fibras son de una gran diversidad y estas se pueden usar en aplicaciones, tales como el tratamiento de agua, la purificación y la atención médica. Entre estas aplicaciones, en el caso de una aplicación de atención médica, un método de tratamiento incluye un método de perfusión directa de sangre total y un método en el que el plasma en sangre o el suero en sangre se separa de la sangre y, a continuación, el plasma en sangre o el suero en sangre se hace pasar a través de una columna y la columna de purificación de la presente invención se puede usar en ambos métodos.

Además, cuando la columna de purificación se usa como equipo médico, se prefiere una técnica en la que la columna se incorpora a un circuito de circulación extracorpórea y la adsorción/retirada se realizan en línea, desde el punto de vista de una cantidad de un rendimiento o la facilidad de operación. En este caso, la columna de purificación de la presente invención se puede usar individualmente o se puede conectar a un riñón artificial en serie en el momento de la diálisis para su uso. Mediante el uso de tales técnicas, resulta posible retirar una sustancia, concurrentemente con la diálisis, que se retira de manera inadecuada únicamente mediante el riñón artificial. Particularmente, se puede complementar una función del riñón artificial mediante la adsorción/retirada de una sustancia que tenga un gran peso molecular que sea difícil de retirar mediante el riñón artificial usando la columna de purificación de acuerdo con la presente invención.

Cuando la columna de purificación se usa concurrentemente con el riñón artificial, esta se puede conectar antes del riñón artificial o después del riñón artificial en un circuito. Una ventaja de la conexión antes del riñón artificial es que la columna de purificación ejerce fácilmente su rendimiento inherente, dado que apenas se ve afectada por la diálisis del riñón artificial. Por otro lado, una ventaja de la conexión después del riñón artificial es que la concentración de un material disuelto es alta, dado que se procesa la sangre después de retirar el agua en el riñón artificial, y se puede esperar un aumento de la eficacia de adsorción/retirada.

A continuación, se describirán ejemplos de preparación de las fibras porosas de acuerdo con la presente invención y la columna de purificación en la que se incorporan las fibras porosas.

[Preparación de fibras porosas]

Se ajusta una solución de hilado en bruto que se forma mediante la disolución de un polímero en un disolvente. En este momento, dado que cuanto menor es la concentración (concentración de una sustancia en la solución en bruto, excluyendo un disolvente) de la solución en bruto, mayor puede ser el tamaño de poro de una fibra, resulta posible controlar el tamaño de poro/la cantidad de poro mediante el establecimiento adecuado de la concentración de la solución en bruto. Además de esto, también resulta posible controlar el tamaño de poro/la cantidad de poro mediante el uso de un polímero que tenga un grupo cargado negativamente. Desde tal punto de vista, en la presente invención, la concentración de la solución en bruto es preferentemente del 30 % en peso o menos, más preferentemente del 27 % en peso o menos y todavía más preferentemente del 24 % en peso o menos. Además, cuando se usa el polímero que tiene, por ejemplo, ácido metacrilsulfónico-ácido p-estirenosulfónico como grupo cargado negativamente, la relación del polímero que tiene ácido metacrilsulfónico-ácido p-estirenosulfónico que está presente en los polímeros totales es preferentemente del 10 % en moles o menos. La fibra se obtiene mediante el uso de una

hilera que tiene, por ejemplo, una abertura de descarga con una sección transversal modificada tal como se muestra en la Figura 5 ($D = 0,20$ mm, $W = 0,10$ mm, $L = 1,0$ mm, $d = 0,25$ mm), el paso de la solución en bruto a través de la porción de aire seco que tiene una determinada distancia y, a continuación, la descarga de la solución en bruto en un baño de coagulación que incluye un disolvente deficiente, tal como agua, o un no disolvente. Desde el punto de vista mencionado anteriormente, un límite inferior del tiempo de tránsito (retención) de las fibras en la parte seca es tal como se ha descrito anteriormente. Además, cuando la temperatura de la fibra descargada se reduce en una parte seca y la fibra se gelifica o coagula y rápidamente se fija estructuralmente, la gelificación de la fibra se puede promover mediante el soplado de aire frío sobre la fibra en la parte seca. Además, aunque no resulta evidente un mecanismo detallado, mediante el aumento de la velocidad del aire frío para aumentar la eficacia de enfriamiento, resulta posible aumentar la relación de poros de la superficie de fibra y el tamaño de poro en la periferia cercana de la fibra. La solución de hilado en bruto descargada de la hilera se coagula en un baño de coagulación. El baño de coagulación incluye, generalmente, una mezcla de un agente de coagulación, tal como agua o alcohol, o un disolvente que constituye la solución de hilado en bruto. Normalmente, se usa agua. Además, el tamaño de poro se puede variar mediante el control de la temperatura del baño de coagulación. Dado que el tamaño de poro puede verse afectado por el tipo de solución de hilado en bruto, también se selecciona adecuadamente la temperatura del baño de coagulación. En general, cuando la temperatura del baño de coagulación es elevada, el tamaño de poro se puede ampliar. El mecanismo no resulta precisamente evidente, se puede concebir que la solución en bruto se pueda coagular/fijar antes de que el interior de la fibra se contraiga, dado que la retirada del disolvente es rápida en un baño de alta temperatura mediante una reacción competitiva de retirada del disolvente de la solución en bruto y la coagulación/contracción de la solución en bruto. Sin embargo, cuando la temperatura del baño de coagulación es demasiado alta, el tamaño de poro es excesivamente grande y, por lo tanto, se piensa que se reducen el área de superficie específica y el alargamiento de resistencia y aumenta la adsorción no específica. Por lo tanto, por ejemplo, la temperatura del baño de coagulación en caso de que la fibra contenga PMMA es preferentemente de 90°C o menos, más preferentemente de 75°C o menos y particular y preferentemente de 65°C o menos. Por otro lado, cuando la temperatura del baño de coagulación es demasiado baja, se reduce el diámetro de poro y el material a adsorber apenas se difunde al interior del poro. Por lo tanto, un límite inferior de la temperatura del baño de coagulación es preferentemente de 12°C y más preferentemente de 20°C .

A continuación, las fibras se lavan con el fin de retirar un disolvente que se adhiera a las fibras coaguladas. Un medio para el lavado de las fibras no está particularmente limitado y se usa preferentemente un método de paso de las fibras a través de un baño de múltiples fases lleno de agua (denominado baño de lavado con agua). La temperatura del agua en el baño de lavado con agua se puede determinar de acuerdo con las propiedades de un polímero que constituye la fibra. Por ejemplo, en el caso de una fibra que contenga PMMA, se emplea una temperatura de 30°C a 50°C .

Además, se puede añadir una etapa de proceso de provisión de un ingrediente hidratante para que las fibras mantengan el tamaño de poro de los poros después del baño de lavado con agua. El ingrediente hidratante al que se hace referencia en la presente memoria descriptiva se refiere a un ingrediente capaz de retener la humedad de las fibras o un ingrediente capaz de prevenir una reducción de la humedad de las fibras en el aire. Los ejemplos típicos del ingrediente hidratante incluyen glicerina y una solución acuosa de la misma.

Después de completar el lavado con agua y proporcionar un ingrediente hidratante, con el fin de potenciar la estabilidad dimensional de la fibra altamente contractiva, las fibras se pueden hacer pasar a través de un baño lleno de una solución acuosa calentada del ingrediente hidratante (baño de tratamiento térmico). El baño de tratamiento térmico se llena de una solución acuosa calentada del ingrediente hidratante y, si las fibras se hacen pasar a través del baño de tratamiento térmico, las fibras experimentan acciones térmicas para contraerse y apenas se contraen en las etapas posteriores y, de este modo, se puede estabilizar la estructura de la fibra. La temperatura de tratamiento térmico en este caso, que varía de acuerdo con un material, es preferentemente de 50°C o superior y más preferentemente de 80°C o superior, en el caso de una fibra que contiene PMMA. Además, se establece la temperatura de tratamiento térmico que es preferentemente de 95°C o menor y más preferentemente de 87°C o menor.

[Preparación de la columna de purificación]

Un ejemplo de un medio para la formación de una columna de purificación usando las fibras resultantes es el siguiente. En primer lugar, se corta una pluralidad de fibras hasta una longitud requerida, se agrupa un número requerido de fibras y el haz de fibras resultante se coloca en una carcasa de plástico que sirve como parte de tubo de la columna de purificación en forma recta en una dirección del eje de envoltura. El número de fibras a agrupar se determina de acuerdo con la aplicación de la columna de purificación y este es preferentemente de aproximadamente 5.000 a 20.000. Posteriormente, ambos extremos de las fibras se cortan con una cortadora, de tal manera que las fibras quedan alojadas en la carcasa, y los filtros de malla que se cortan en un tamaño que tiene un diámetro igual al diámetro interno de la carcasa se colocan en la entrada/salida del fluido que se va a someter a tratamiento en ambas superficies de extremo de la columna en ambos extremos de la columna. Finalmente, un puerto de entrada y un puerto de salida del fluido que se va a someter a tratamiento, que se denominan tapa de encabezamiento, se adhieren a ambos extremos de la carcasa y, de este modo, se puede obtener una columna de purificación.

Además, cuando la columna de purificación se usa como dispositivo médico o similar, es decir, como columna de adsorción para uso médico, la columna se usa preferentemente de manera antiséptica o en esterilización. Como método de desinfección o esterilización, se pueden ejemplificar diversos métodos de desinfección o esterilización, tales como la esterilización por vapor a alta presión, la esterilización por rayos gamma, la esterilización por haz de electrones, la esterilización por gas de óxido de etileno, la desinfección con fármacos y la desinfección por rayos ultravioleta. Entre estos métodos, se prefieren la esterilización por rayos gamma, la esterilización por haz de electrones, la esterilización por vapor a alta presión y la esterilización por gas de óxido de etileno desde el punto de vista de la eficacia de esterilización y de un menor efecto sobre un material.

10 Ejemplos

Ejemplo 1

[Preparación de fibras porosas]

Se mezclaron syn-PMMA (31,7 partes en masa) que tenía un peso molecular promedio en masa de 400.000, syn-PMMA (31,7 partes en masa) que tenía un peso molecular promedio en masa de 1.400.000, iso-PMMA (16,7 partes en masa) que tenía un peso molecular promedio en masa de 500.000 y copolímero de PMMA (20 partes en masa) que tenía un peso molecular de 300.000 que contenía el 1,5 % en moles de p-estirenosulfonato de sodio con dimetilsulfóxido (376 partes en masa) y la mezcla resultante se agitó a 110 °C durante 8 horas para preparar una solución de hilado en bruto. La viscosidad a 92 °C de la solución de hilado en bruto preparada fue de 188 Pa·s (1.880 poises). La solución de hilado en bruto se descargó a una velocidad de 1,1 g/min desde una hilera mantenida a 92 °C y que tenía una abertura de descarga que tenía una configuración que se muestra en la Figura 5 y las dimensiones que se muestran en la Tabla 1 al aire. La solución de hilado en bruto descargada recorrió 380 mm a través de la porción de aire, se orientó hasta un baño de coagulación y se hizo pasar a través del baño para obtener fibras en estado sólido. Se usó agua para el baño de coagulación y la temperatura de agua (temperatura de baño de coagulación) fue de 42 °C. Cada fibra se lavó con agua, se orientó hasta un tanque de baño que incluía una solución acuosa que contenía glicerina en una cantidad del 70 % en peso como agente hidratante y se hizo pasar a través de un baño de tratamiento térmico a 84 °C para retirar la glicerina adicional y se enrolló a una velocidad de 16 m/min.

Con respecto a las fibras obtenidas, se realizaron la medición del grado de modificación/ancho de parte proyectada de una sección transversal de fibra, el exponente de forma de la parte proyectada, el diámetro equivalente de círculo, el radio de poro promedio, el índice de distribución del tamaño de poro y la relación de poros de superficie, la medición del espesor de la capa densa en la región cercana a la superficie y la medición del rendimiento de adsorción por área de superficie/por volumen con el uso de las técnicas mencionadas anteriormente. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Ejemplo 2

Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, a excepción del uso de una hilera que tiene una configuración que se muestra en la Figura 5 y que tiene una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 1. Los resultados se muestran en las Tablas 1 y 2.

Ejemplo 3

Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, a excepción del uso de una hilera que tiene una configuración que se muestra en la Figura 5 y que tiene una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 1. Los resultados se muestran en las Tablas 1 y 2.

Ejemplo 4

Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, a excepción del uso de una hilera que tiene una configuración que se muestra en la Figura 5 y que tiene una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 1. Los resultados se muestran en las Tablas 1 y 2.

Ejemplo 5

Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, a excepción del uso de una hilera que tiene una configuración que se muestra en la Figura 5 y que tiene una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 1. Los resultados se muestran en las Tablas 1 y 2.

Ejemplo 6

Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, a excepción del uso de una hilera que tiene

una configuración que se muestra en la Figura 5 y que tiene una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 1. Los resultados se muestran en las Tablas 1 y 2.

Ejemplo Comparativo 1

5

Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, a excepción del uso de una hilera que tiene una configuración que se muestra en la Figura 5 y que tiene una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 1. Los resultados se muestran en las Tablas 1 y 2.

10 Ejemplo Comparativo 2

Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, a excepción del uso de una hilera que tiene una configuración que se muestra en la Figura 5 y que tiene una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 1. Los resultados se muestran en las Tablas 1 y 2.

15

Ejemplo Comparativo 3

Se prepararon fibras que tenían una sección transversal circular en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, a excepción del uso de una hilera que tiene una abertura de descarga circular de 0,3 de diámetro ϕ . Los resultados se muestran en las Tablas 1 y 2.

20

Ejemplo Comparativo 4

Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, a excepción del uso de una hilera que tiene una configuración que se muestra en la Figura 9 y que tiene una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 1. Los resultados se muestran en las Tablas 1 y 2.

25

30

[Tabla 1]

	Configuración/dimensión de la hilera						Cantidad de descarga	Tiempo de tránsito en la parte seca	Velocidad del aire frío	Temperatura del baño de coagulación	Velocidad de captación	Cantidad de partes proyectadas	Grado de modificación	Ancho de parte proyectada	Exponente de forma de la parte proyectada
	Configuración de la hilera (n.º de dibujo)	D (mm)	W (mm)	L (mm)	L/W	d (mm)									
Ejemplo 1	Figura 5	0,20	0,10	0,5	5,0	0,25	1,1	1,42	2,5	43	16	3	1,2	27	0,21
Ejemplo 2	Figura 5	0,20	0,10	0,7	7,0	0,25	1,1	1,42	2,5	43	16	3	1,6	50	0,47
Ejemplo 3	Figura 5	0,20	0,10	1,0	10,0	0,25	1,1	1,42	2,5	43	16	3	2,4	48	0,54
Ejemplo 4	Figura 5	0,20	0,10	1,5	15,0	0,25	1,1	1,42	2,5	43	16	3	3,0	46	0,59
Ejemplo 5	Figura 5	0,20	0,10	2,0	20,0	0,25	1,1	1,42	2,5	43	16	3	3,7	43	0,62
Ejemplo 6	Figura 5	0,20	0,10	2,5	25,0	0,25	1,1	1,42	2,5	43	16	3	4,6	43	0,69
Ejemplo comparativo 1	Figura 5	0,20	0,10	3,5	35,0	0,25	1,1	1,42	2,5	43	16	3	6,9	37	0,71
Ejemplo comparativo 2	Figura 5	0,25	0,10	1,0	10,0	0,10	1,1	1,42	2,5	43	16	3	1,1	107	0,81
Ejemplo comparativo 3	círculo de 0,3 de diámetro j	-	-	-	-	-	1,1	1,42	2,5	43	16	-	1,0	-	-
Ejemplo comparativo 4	Figura 9	-	0,30	0,8	2,7	-	1,1	1,42	2,5	43	16	3	1,0	-	-

[Tabla 2]

	Diámetro equivalente de círculo de la sección transversal de fibra	Radio de poro promedio	Índice de distribución del tamaño de poro	Área de superficie específica de poro	Índice de la forma de poro (Dxv)	Relación de poros de superficie	Espesor de capa densa en la región cercana a la superficie	Cantidad adsorbida de β -MG	
								(por área de superficie)	(por volumen)
	mm	mm	-	m ² /g	-	%	mm	mg/cm ²	mg/cm ³
Ejemplo 1	140	-	-	(³ 250)	1,0	3,8	0,75	0,095	0,033
Ejemplo 2	140	-	-	(³ 250)	1,1	3,7	0,71	0,096	0,035
Ejemplo 3	140	6,6	1,19	311	1,0	3,8	0,71	0,095	0,038
Ejemplo 4	140	-	-	(³ 250)	1,0	3,7	0,74	0,094	0,040
Ejemplo 5	140	-	-	(³ 250)	1,0	3,2	0,83	0,081	0,037
Ejemplo 6	140	-	-	(³ 250)	1,1	2,8	0,99	0,065	0,032
Ejemplo comparativo 1	140	-	-	(³ 250)	1,0	1,7	1,63	0,019	0,011
Ejemplo comparativo 2	140	-	-	(³ 250)	1,0	3,6	0,77	0,095	0,029
Ejemplo comparativo 3	140	-	-	(³ 250)	1,0	3,7	0,72	0,096	0,027
Ejemplo comparativo 4	140	-	-	(³ 250)	1,0	3,1	0,89	0,085	0,024

Ejemplo 7

5 Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, a excepción del uso de una hilera que tiene una configuración que se muestra en la Figura 5 y que tiene una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 3. Los resultados se muestran en las Tablas 3 y 4.

Ejemplo 8

10 Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, a excepción del uso de una hilera que tiene una configuración que se muestra en la Figura 5 y que tiene una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 3. Los resultados se muestran en las Tablas 3 y 4.

Ejemplo 9

15 Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, a excepción del uso de una hilera que tiene una configuración que se muestra en la Figura 5 y que tiene una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 3. Los resultados se muestran en las Tablas 3 y 4.

Ejemplo 10

20 Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, a excepción del uso de una hilera que tiene una configuración que se muestra en la Figura 5 y que tiene una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 3. Los resultados se muestran en las Tablas 3 y 4. Además, los resultados del Ejemplo 3
25 también se muestran en las Tablas 3 y 4 por razones de comparación.

Tabla 3

	Configuración/dimensión de la hilera						Cantidad de descarga	Tiempo de tránsito en la parte seca	Velocidad del aire frío	Temperatura del baño de coagulación	Velocidad de captación	Cantidad de partes proyectadas	Grado de modificación	Ancho de parte proyectada		Exponente de forma de la parte proyectada
														w	w/Di	
	Configuración de la hilera (n.º de dibujo)	D (mm)	W (mm)	L (mm)	L/W	d (mm)	cm^3/min	s	m/s	°C	m/min			μm		
Ejemplo 7	Figura 5	0,20	0,10	1,0	10,0	0,10	1,1	1,42	2,5	43	16	3	2,3	9		0,09
Ejemplo 8	Figura 5	0,20	0,10	1,0	10,0	0,25	1,1	1,42	2,5	43	16	3	2,4	48		0,54
Ejemplo 9	Figura 5	0,20	0,10	1,0	10,0	0,30	1,1	1,42	2,5	43	16	3	2,4	73		0,89
Ejemplo 10	Figura 5	0,20	0,10	1,0	10,0	0,40	1,1	1,42	2,5	43	16	3	2,4	94		1,22
	Figura 5	0,20	0,10	1,0	10,0	0,60	1,1	1,42	2,5	43	16	3	2,2	102		1,40

[Tabla 4]

	Diámetro equivalente de círculo de la sección transversal de fibra	Radio de poro promedio	Índice de distribución del tamaño de poro	Área de superficie específica de poro	Índice de la forma de poro (Dxv)	Relación de poros de superficie	Espesor de capa densa en la región cercana a la superficie	Cantidad adsorbida de β_2 -MG	
								(por área de superficie)	(por volumen)
	μm	nm	-	m^2/g	-	%	μm	$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	mg/cm^3
Ejemplo 7	140	-	-	(≥ 250)	1,0	3,7	0,70	0,095	0,038
Ejemplo 3	140	6,6	1,19	311	1,0	3,8	0,71	0,095	0,038
Ejemplo 8	140	-	-	(≥ 250)	1,0	3,5	0,75	0,088	0,035
Ejemplo 9	140	-	-	(≥ 250)	1,1	3,4	0,82	0,083	0,033
Ejemplo 10	140	-	-	(≥ 250)	1,0	2,9	1,10	0,075	0,029

Ejemplo 11

- 5 Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, con la excepción de que se usó una hilera que tenía una configuración que se muestra en la Figura 5 y que tenía una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 5 y se cambió la cantidad de descarga de una solución en bruto a 0,71 g. Los resultados se muestran en las Tablas 5 y 6.

Ejemplo 12

- 10 Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, con la excepción de que se usó una hilera que tenía una configuración que se muestra en la Figura 5 y que tenía una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 5 y se cambió la cantidad de descarga de una solución en bruto a 1,6 g. Los resultados se muestran en las Tablas 5 y 6.

15 Ejemplo 13

- 20 Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, con la excepción de que se usó una hilera que tenía una configuración que se muestra en la Figura 5 y que tenía una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 5 y se cambió la cantidad de descarga de una solución en bruto a 2,1 g. Los resultados se muestran en las Tablas 5 y 6. Además, los resultados del Ejemplo 3 también se muestran en las Tablas 5 y 6 por razones de comparación.

25

[Tabla 5]

	Configuración/dimensión de la hilera						Cantidad de descarga	Tiempo de tránsito en la parte seca	Velocidad del aire frío	Temperatura del baño de coagulación	Velocidad de captación	Cantidad de partes proyectadas	Grado de modificación	Ancho de parte proyectada		Exponente de forma de la parte proyectada
	Configuración de la hilera (n.º de dibujo)	D (mm)	W (mm)	L (mm)	L/W	d (mm)								w	w/Di	
Ejemplo 11	Figura 5	0,20	0,10	1,0	10,0	0,25	0,71	1,42	1,9	43	16	3	2,3	28	-	0,47
Ejemplo 3	Figura 5	0,20	0,10	1,0	10,0	0,25	1,1	1,42	2,5	43	16	3	2,4	48	-	0,54
Ejemplo 12	Figura 5	0,20	0,10	1,0	10,0	0,25	1,6	1,42	3,4	43	16	3	2,4	54	-	0,47
Ejemplo 13	Figura 5	0,20	0,10	1,0	10,0	0,25	2,1	1,42	4,9	43	16	3	2,3	64	-	0,47

[Tabla 6]

	Diámetro equivalente de circuito de la sección transversal de fibra	Radio de poro promedio	Índice de distribución del tamaño de poro	Área de superficie específica de poro	Índice de la forma de poro (Dxv)	Relación de poros de superficie	Espesor de capa densa en la región cercana a la superficie	Cantidad adsorbida de β_2 -MG	
								(por área de superficie)	(por volumen)
	μm	nm	-	m^2/g	-	%	μm	$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	mg/cm^3
Ejemplo 11	88	-	-	(≥ 250)	1,0	4,1	0,69	0,099	0,062
Ejemplo 3	140	6,6	1,19	311	1,0	3,8	0,71	0,095	0,038
Ejemplo 12	182	-	-	(≥ 250)	1,0	3,6	0,79	0,090	0,028
Ejemplo 13	201	-	-	(≥ 250)	1,1	2,8	1,20	0,073	0,020

Ejemplo 14

- 5 Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, a excepción del uso de una hilera que tiene una configuración que se muestra en la Figura 6 y que tiene una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 7. Los resultados se muestran en las Tablas 7 y 8.

Ejemplo 15

- 10 Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, a excepción del uso de una hilera que tiene una configuración que se muestra en la Figura 7 y que tiene una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 7. Los resultados se muestran en las Tablas 7 y 8.

Ejemplo 16

- 15 Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, a excepción del uso de una hilera que tiene una configuración que se muestra en la Figura 8 y que tiene una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 7. Los resultados se muestran en las Tablas 7 y 8. Además, los resultados del Ejemplo 3 también se muestran en las Tablas 7 y 8 por razones de comparación.

20

[Tabla 7]

	Configuración/dimensión de la hilera						Cantidad de descarga	Tiempo de tránsito en la parte seca	Velocidad del aire frío	Temperatura del baño de coagulación	Velocidad de captación	Cantidad de partes proyectadas	Grado de modificación	Ancho de parte proyectada		Exponente de forma de la parte proyectada
	Configuración de la hilera (n.º de dibujo)	D (mm)	W (mm)	L (mm)	L/W	d (mm)								w	w/Di	
Ejemplo 3	Figura 5	0,20	0,10	1,0	10,0	0,25	1,1	1,42	2,5	43	16	3	2,4	48		0,54
Ejemplo 14	Figura 6	0,20	0,10	1,0	10,0	0,25	1,1	1,42	2,5	43	16	4	2,1	36		0,43
Ejemplo 15	Figura 7	0,20	0,10	1,0	10,0	0,25	1,1	1,42	2,5	43	16	5	1,5	32		0,39
Ejemplo 16	Figura 8	0,20	0,10	1,0	10,0	0,25	1,1	1,42	2,5	43	16	6	1,5	28		0,36

[Tabla 8]

	Diámetro equivalente de circuito de la sección transversal de fibra	Radio de poro promedio	Índice de distribución del tamaño de poro	Área de superficie específica de poro	Índice de la forma de poro (Dxv)	Relación de poros de superficie	Espesor de capa densa en la región cercana a la superficie	Cantidad adsorbida de β ₂ -MG	
								(por área de superficie)	(por volumen)
	μm	nm	-	m ² /g	-	%	μm	μg/cm ²	mg/cm ³
Ejemplo 3	140	6,8	1,19	311	1,0	3,8	0,71	0,095	0,038
Ejemplo 14	140	-	-	(≥ 250)	1,0	3,8	0,76	0,102	0,046
Ejemplo 15	140	-	-	(≥ 250)	1,1	3,6	0,79	0,105	0,051
Ejemplo 16	140	-	-	(≥ 250)	1,2	3,5	0,81	0,099	0,048

Ejemplo 17

- 5 Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, con la excepción de que se usó una hilera que tenía una configuración que se muestra en la Figura 6 y que tenía una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 9 y se estableció un tiempo de tránsito en la parte seca en 0,75 segundos. Los resultados se muestran en las Tablas 9 y 10.

Ejemplo 18

- 10 Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, con la excepción de que se usó una hilera que tenía una configuración que se muestra en la Figura 6 y que tenía una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 9 y se estableció un tiempo de tránsito en la parte seca en 0,375 segundos. Los resultados se muestran en las Tablas 9 y 10.

15 Ejemplo Comparativo 5

- 20 Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, con la excepción de que se usó una hilera que tenía una configuración que se muestra en la Figura 6 y que tenía una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 9 y se estableció un tiempo de tránsito en la parte seca en 0,034 segundos. Los resultados se muestran en las Tablas 9 y 10.

Ejemplo Comparativo 6

- 25 Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, con la excepción de que se usó una hilera que tenía una configuración que se muestra en la Figura 6 y que tenía una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 9 y se estableció un tiempo de tránsito en la parte seca en 0,019 segundos. Los resultados se muestran en las Tablas 9 y 10. Además, los resultados del Ejemplo 14 también se muestran en las Tablas 9 y 10 por razones de comparación.

30

[Tabla 9]

	Configuración/dimensión de la hilera						Cantidad de descarga	Tiempo de tránsito en la parte seca	Velocidad del aire frío	Temperatura del baño de coagulación	Velocidad de captación	Cantidad de partes proyectadas	Grado de modificación		Ancho de parte proyectada	Exponente de forma de la parte proyectada
	Configuración de la hilera (n.º de dibujo)	D (mm)	W (mm)	L (mm)	L/W	d (mm)							Do/Di	w		
Ejemplo 14	Figura 6	0,20	0,10	1,0	10,0	0,25	1,1	1,42	2,5	43	16	4	-	36	-	0,43
Ejemplo 17	Figura 6	0,20	0,10	1,0	10,0	0,25	1,1	0,75	2,5	43	16	4	2,1	37	0,43	0,43
Ejemplo 18	Figura 6	0,20	0,10	1,0	10,0	0,25	1,1	0,375	2,5	43	16	4	2,1	38	0,43	0,43
Ejemplo comparativo 5	Figura 6	0,20	0,10	1,0	10,0	0,25	1,1	0,034	2,5	43	16	4	2,2	39	0,43	0,43
Ejemplo comparativo 6	Figura 6	0,20	0,10	1,0	10,0	0,25	1,1	0,019	2,5	43	16	4	2,5	38	0,43	0,43

[Tabla 10]

	Diámetro equivalente de círculo de la sección transversal de fibra	Radio de poro promedio	Índice de distribución del tamaño de poro	Área de superficie específica de poro	Índice de la forma de poro (Dxv)	Relación de poros de superficie	Espesor de capa densa en la región cercana a la superficie	Cantidad adsorbida de β_2 -MG	
								(por área de superficie)	(por volumen)
	μm	nm	-	m^2/g	-	%	μm	$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	mg/cm^3
Ejemplo 14	140	6,8	1,25	299	1,0	3,8	0,76	0,102	0,046
Ejemplo 17	140	-	-	(≥ 250)	1,0	3,3	0,91	0,090	0,040
Ejemplo 18	140	-	-	(≥ 250)	1,1	2,8	1,30	0,060	0,027
Ejemplo comparativo 5	140	-	-	(≥ 250)	1,0	0,9	2,20	0,013	0,006
Ejemplo comparativo 6	140	-	-	(≥ 250)	1,1	0,4	4,00	0,005	0,002

Ejemplo 19

- 5 Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, con la excepción de que se usó una hilera que tenía una configuración que se muestra en la Figura 6 y que tenía una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 11 y se cambió la temperatura del baño de coagulación a 85 °C. Los resultados se muestran en las Tablas 11 y 12.

Ejemplo 20

- 10 Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, con la excepción de que se usó una hilera que tenía una configuración que se muestra en la Figura 6 y que tenía una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 11 y se cambió la temperatura del baño de coagulación a 60 °C. Los resultados se muestran en las Tablas 11 y 12.

15 Ejemplo 21

- 20 Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, con la excepción de que se usó una hilera que tenía una configuración que se muestra en la Figura 6 y que tenía una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 11 y se cambió la temperatura del baño de coagulación a 30 °C. Los resultados se muestran en las Tablas 11 y 12.

Ejemplo 22

- 25 Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, con la excepción de que se usó una hilera que tenía una configuración que se muestra en la Figura 6 y que tenía una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 11 y se cambió la temperatura del baño de coagulación a 20 °C. Los resultados se muestran en las Tablas 11 y 12.

Ejemplo 23

- 30 Las fibras se prepararon en las mismas condiciones que en el Ejemplo 1, con la excepción de que se usó una hilera que tenía una configuración que se muestra en la Figura 6 y que tenía una abertura de descarga con las dimensiones que se muestran en la Tabla 11 y se cambió la temperatura del baño de coagulación a 10 °C. Los resultados se muestran en las Tablas 11 y 12. Además, los resultados del Ejemplo 14 también se muestran en las Tablas 11 y 12 por razones de comparación.
- 35

40

[Tabla 13]

	Configuración/dimensión de la hlera						Cantidad de descarga	Tiempo de tránsito en la parte seca	Velocidad del aire frío	Temperatura del baño de coagulación	Velocidad de captación	Cantidad de partes proyectadas	Grado de modificación	Ancho de parte proyectada		Exponente de forma de la parte proyectada
	Configuración de la hlera (n.º de dibujo)	D (mm)	W (mm)	L (mm)	L/W	d (mm)								ω	ω/Di	
Ejemplo 19	Figura 6	0,20	0,10	1,0	10,0	0,25	1,1	1,42	2,5	85	16	4	1,8	48	0,43	-
Ejemplo 20	Figura 6	0,20	0,10	1,0	10,0	0,25	1,1	1,42	2,5	60	16	4	2,0	43	0,43	-
Ejemplo 14	Figura 6	0,20	0,10	1,0	10,0	0,25	1,1	1,42	2,5	43	16	4	2,1	36	0,43	-
Ejemplo 21	Figura 6	0,20	0,10	1,0	10,0	0,25	1,1	1,42	2,5	30	16	4	2,3	34	0,43	-
Ejemplo 22	Figura 6	0,20	0,10	1,0	10,0	0,25	1,1	1,42	2,5	20	16	4	2,3	33	0,43	-
Ejemplo 23	Figura 6	0,20	0,10	1,0	10,0	0,25	1,1	1,42	2,5	10	16	4	2,8	28	0,43	-

[Tabla 12]

	Diámetro equivalente de círculo de la sección transversal de fibra	Radio de poro promedio	Índice de distribución del tamaño de poro	Área de superficie específica de poro	Índice de la forma de poro D _{xy}	Relación de poros de superficie	Espesor de capa densa en la región cercana a la superficie	Cantidad adsorbida de β-MG	
								(por área de superficie)	(por volumen)
	μm	nm	-	m ² /g	-	%	μm	μg/cm ²	mg/cm ³
Ejemplo 18	150	11,4	1,97	127	1,0	3,7	0,81	0,089	0,034
Ejemplo 20	150	8,9	1,36	226	1,1	3,7	0,79	0,099	0,038
Ejemplo 14	140	6,8	1,25	299	1,0	3,8	0,75	0,102	0,046
Ejemplo 21	132	5,1	1,17	354	1,1	3,8	0,78	0,101	0,050
Ejemplo 22	123	3,2	1,08	429	1,0	3,6	0,75	0,100	0,054
Ejemplo 23	109	0,6	0,96	505	1,1	3,5	0,75	0,059	0,041

Ejemplo 24

[Preparación de la columna]

- 5 Las fibras porosas con una sección transversal en forma de Y obtenidas en el Ejemplo 3 se agruparon con el uso de un método conocido públicamente y se incorporaron a una carcasa cilíndrica de policarbonato que tenía un diámetro interno de 56 mm y una longitud axial de 58 mm en forma recta, de tal manera que la relación de empaquetamiento de las fibras era del 53 %. A continuación, los filtros de malla de polipropileno que se cortaron en un tamaño que tenía un diámetro igual al diámetro interno de la carcasa y tienen una abertura de un diámetro equivalente de círculo de 84 μ m y una relación de apertura del 36 % se colocaron en la entrada/salida del fluido que se va a someter a tratamiento en ambas superficies de extremo de la columna. Finalmente, las tapas denominadas encabezamiento que tienen la entrada o la salida del fluido que se va a someter a tratamiento se adhirieron a los extremos de carcasa.

[Medición del rendimiento de adsorción de la columna]

- 15 Como evaluación del rendimiento de adsorción de la columna, se midió el aclaramiento de la β_2 -MG. Se sabe que la β_2 -MG es una proteína patógena de la amiloidosis relacionada con la diálisis de una enfermedad intercurrente de la diálisis a largo plazo. Se obtuvo plasma en sangre a partir de sangre de ganado bovino al que se añade etilendiaminotetraacetato disódico mediante separación centrífuga. El plasma en sangre se ajustó de tal manera que el hematocrito era del 30 ± 3 % y la cantidad de proteína total era de $6,5 \pm 0,5$ g/dl. Además, como plasma en sangre bovino, se usó uno dentro de los 5 días posteriores a la extracción de sangre. A continuación, se añadió la β_2 -MG de plasma en sangre bovino para tener una concentración de 1 mg/l y se agitó la mezcla resultante. Tal plasma en sangre bovino se separó en 2 l para la circulación y 1,5 l para la medición del aclaramiento.
- 25 Se estableció un circuito tal como en la Figura 10. En el circuito, la parte de entrada desde la que se tomó el fluido que se va a someter a tratamiento se indicó mediante Bi y la parte de salida de fluido después de hacerse pasar el fluido a través de la columna de purificación se indicó mediante Bo.

- 30 Se colocó Bi en un vaso de precipitados para la circulación en el que se habían colocado 2 l del plasma en sangre bovino (a 37 °C) ajustado anteriormente y la mezcla resultante se descargó a un caudal de 200 ml/min poniendo en marcha una bomba y, inmediatamente después de 90 segundos de la eliminación del fluido a descargar del Bo, se colocó Bo en un vaso de precipitados para la circulación para poner el fluido en circulación. Después de hacerse circular el fluido durante 1 hora, la bomba se detuvo.

- 35 A continuación, el Bi se colocó en el plasma en sangre bovino para la medición del aclaramiento ajustada anteriormente y el Bo se colocó en el vaso de precipitados para la eliminación. Se estableció un caudal de 200 ml/min y se tomaron 10 ml de una muestra del plasma en sangre bovino (a 37 °C) para la medición del aclaramiento después de un transcurso de dos minutos desde el inicio de una bomba y se denominó fluido de Bi. Después de un transcurso de cuatro minutos y 30 segundos desde el inicio de la bomba, se tomaron 10 ml de una muestra fluida del Bo y se denominó fluido de Bo. Estas muestras se almacenaron en un congelador a -20 °C o menos.

- 40 Se calculó el aclaramiento mediante la siguiente Fórmula I a partir de la concentración de β_2 -MG de cada fluido. Dado que puede haber casos en los que las mediciones sean diferentes, dependiendo de los lotes de la sangre de ganado bovino, el plasma en sangre bovino del mismo lote se usó en todos los Ejemplos y Ejemplos Comparativos.

$$45 \quad Co \text{ (ml/min)} = (CBi - CBo) \times Q_B / CBi \text{ (I)}$$

- 50 En la Fórmula I, Co = aclaramiento de β_2 -MG (ml/min), CBi = concentración de β_2 -MG en el fluido Bi, CBo = concentración de β_2 -MG en el fluido Bo, Q_B = caudal de bomba de Bi (ml/min). Los resultados se muestran en la Tabla 13.

Ejemplo 25

- 55 Las fibras porosas con una sección transversal en forma de Y obtenidas en el Ejemplo 3 y las fibras porosas con una sección transversal circular obtenidas en el Ejemplo Comparativo 3 se mezclaron en una relación de 9:1 y se agruparon para formar un haz de fibras en el que la relación de las fibras porosas con una sección transversal en forma de Y era del 90 % y, usando el haz de fibras, se preparó una columna mediante el mismo método que en el Ejemplo 24. El rendimiento de adsorción de la columna se midió mediante la misma técnica que en el Ejemplo 24. Los resultados se muestran en la Tabla 13.

Ejemplo 26

- 60 Las fibras porosas con una sección transversal en forma de Y obtenidas en el Ejemplo 3 y las fibras porosas con una sección transversal circular obtenidas en el Ejemplo Comparativo 3 se mezclaron en una relación de 5:1 y se agruparon para formar un haz de fibras en el que la relación de las fibras porosas con una sección transversal en

forma de Y era del 83 % y, usando el haz de fibras, se preparó una columna mediante el mismo método que en el Ejemplo 24. El rendimiento de adsorción de la columna se midió mediante la misma técnica que en el Ejemplo 24. Los resultados se muestran en la Tabla 13.

5 Ejemplo 27

Las fibras porosas con una sección transversal en forma de Y obtenidas en el Ejemplo 3 y las fibras porosas con una sección transversal circular obtenidas en el Ejemplo Comparativo 3 se mezclaron en una relación de 2:1 y se agruparon para formar un haz de fibras en el que la relación de las fibras porosas con una sección transversal en forma de Y era del 67 % y, usando el haz de fibras, se preparó una columna mediante el mismo método que en el Ejemplo 24. El rendimiento de adsorción de la columna se midió mediante la misma técnica que en el Ejemplo 24. Los resultados se muestran en la Tabla 13.

15 Ejemplo 28

Las fibras porosas con una sección transversal en forma de Y obtenidas en el Ejemplo 3 y las fibras porosas con una sección transversal circular obtenidas en el Ejemplo Comparativo 3 se mezclaron en una relación de 1:1 y se agruparon para formar un haz de fibras en el que la relación de las fibras porosas con una sección transversal en forma de Y era del 50 % y, usando el haz de fibras, se preparó una columna mediante el mismo método que en el Ejemplo 24. El rendimiento de adsorción de la columna se midió mediante la misma técnica que en el Ejemplo 24. Los resultados se muestran en la Tabla 13.

20 Ejemplo 29

Las fibras porosas con una sección transversal en forma de Y obtenidas en el Ejemplo 3 y las fibras porosas con una sección transversal circular obtenidas en el Ejemplo Comparativo 3 se mezclaron en una relación de 1:2 y se agruparon para formar un haz de fibras en el que la relación de las fibras porosas con una sección transversal en forma de Y era del 33 % y, usando el haz de fibras, se preparó una columna mediante el mismo método que en el Ejemplo 24. El rendimiento de adsorción de la columna se midió mediante la misma técnica que en el Ejemplo 24. Los resultados se muestran en la Tabla 13.

Ejemplo Comparativo 7

35 [Preparación de la columna]

Las fibras porosas con una sección transversal circular obtenidas en el Ejemplo Comparativo 3 se agruparon con el uso de un método conocido públicamente y se incorporaron a una carcasa cilíndrica de policarbonato que tenía un diámetro interno de 56 mm y una longitud axial de 58 mm en forma recta, de tal manera que la relación de empaquetamiento de las fibras era del 53 %. A continuación, los filtros de malla de polipropileno que se cortaron en un tamaño que tenía un diámetro igual al diámetro interno de la carcasa y tienen una abertura de un diámetro equivalente de círculo de 84 μ m y una relación de apertura del 36 % se colocaron en la entrada/salida del fluido que se va a someter a tratamiento en ambas superficies de extremo de la columna. Finalmente, las tapas denominadas encabezamiento que tienen la entrada o la salida del fluido que se va a someter a tratamiento se adhirieron a los extremos de carcasa.

45 [Medición del rendimiento de adsorción de la columna]

El rendimiento de adsorción de la columna se midió mediante la misma técnica que en el Ejemplo 24. Los resultados se muestran en la Tabla 13.

50 Ejemplo Comparativo 8

Las fibras porosas con una sección transversal en forma de Y obtenidas en el Ejemplo 3 y las fibras porosas con una sección transversal circular obtenidas en el Ejemplo Comparativo 3 se mezclaron en una relación de 1:9 y se agruparon para formar un haz de fibras en el que la relación de las fibras porosas con una sección transversal en forma de Y era del 17 % y, usando el haz de fibras, se preparó una columna mediante el mismo método que en el Ejemplo Comparativo 7. El rendimiento de adsorción de la columna se midió mediante la misma técnica que en el Ejemplo 24. Los resultados se muestran en la Tabla 13.

60 [Tabla 13]

	Relación de fibras porosas con la sección transversal en forma de Y en el haz de fibras (%)	Aclaramiento de β_2 -MG (ml/min)
Ejemplo 24	100	68
Ejemplo Comparativo 7	0	49

Ejemplo 25	90	67
Ejemplo 26	83	64
Ejemplo 27	67	61
Ejemplo 28	50	57
Ejemplo 29	33	54
Ejemplo Comparativo 8	17	50

Los Ejemplos 1 a 6 son experimentos en los que se varió el grado de modificación y se halla, a partir de las Tablas 1 y 2 que se muestran, que el rendimiento de adsorción por volumen mejora a medida que aumenta el grado de modificación; sin embargo, el rendimiento de adsorción tiene un punto máximo local y vuelve a disminuir en el grado de modificación de un determinado valor o más. Cuando el grado de modificación es excesivamente tan alto como 6,9, tal como en el Ejemplo Comparativo 1, el rendimiento por área de superficie se deteriora y, por lo tanto, el rendimiento por volumen se deteriora en una gran cantidad. Se piensa que la causa de esto es una reducción de la relación de poros de superficie. Específicamente, se supone que, dado que la parte proyectada es larga, el enfriamiento durante el hilado se vuelve irregular y puede haber una localización sin que se sople adecuadamente con un viento frío. Por tanto, el grado de modificación es preferentemente de 6,6 o menos. En el Ejemplo Comparativo 2, dado que el diámetro de círculo de punta d de la configuración de hilera era pequeño, se redujo el grado de modificación, lo que dio como resultado un bajo rendimiento de adsorción. El Ejemplo Comparativo 3 muestra los resultados de la denominada fibra circular que no tiene la parte proyectada. Se halla que, en la fibra circular, dado que el área de superficie por volumen es mínima, la cantidad adsorbida por volumen es limitada. El Ejemplo Comparativo 4 muestra los resultados del hilado usando la hilera que tiene una forma casi similar a la forma de sección transversal de fibra deseada. La fibra resultante es circular y no alcanzó el grado de modificación deseado. La razón de esto es que el d no existe en la hilera y la L/W también es tan baja como 2,7. Además, se generó una resonancia de estirado debido a una gran área de una abertura de descarga de la hilera y el hilado se volvió inestable.

Los Ejemplos 3 y 7 a 10 son experimentos en los que se varió el ancho de parte proyectada y el exponente de forma de la parte proyectada y las Tablas 3 y 4 muestran que la cantidad adsorbida por área de superficie tiende a reducirse cuando el ancho de parte proyectada y el exponente de forma de la parte proyectada son determinados valores o más. La razón de esto es supuestamente que la eficacia de enfriamiento durante el hilado se reduce debido a un aumento del volumen de una porción de parte proyectada, lo que da como resultado una reducción de la relación de poros de superficie y un aumento del espesor de una capa densa en la superficie.

Se halla, a partir de las Tablas 5 y 6, que cuando se aumenta el diámetro equivalente de círculo de una sección transversal de fibra, que es el volumen de una fibra en sí misma, la cantidad adsorbida por área de superficie tiende a reducirse. La razón de esto también es supuestamente que la eficacia de enfriamiento durante el hilado se reduce debido a un aumento del volumen de una porción de parte proyectada.

Las Tablas 7 y 8 muestran los resultados del aumento del número de partes proyectadas a entre 3 y 6. Se halla que el grado de modificación aumenta y la cantidad adsorbida por volumen se aumenta a medida que aumenta el número de partes proyectadas.

A partir de las Tablas 9 y 10, los Ejemplos 14, 17 y 18 y los Ejemplos Comparativos 5 y 6 muestran los resultados de la variación de la longitud en seco, más específicamente, del cambio del tiempo de tránsito en la parte seca. A partir de estos resultados, se halla que cuando el tiempo de tránsito en la parte seca se establece en 0,034 segundos o menos, se producen un aumento en el espesor de la capa densa y una reducción significativa de la relación de poros, lo que da como resultado una gran reducción de la cantidad adsorbida por área de superficie.

A partir de las Tablas 11 y 12, los Ejemplos 14 y 19 a 23 muestran los resultados de la variación de la temperatura del baño de coagulación, el radio de poro promedio, el índice de distribución del tamaño de poro y el área de superficie específica de poro. Se halla que el rendimiento de adsorción se mejora a medida que se aumenta el área de superficie específica de poro. Sin embargo, en el Ejemplo 23, en el que el radio de poro promedio es de 0,8 nm, las cantidades adsorbidas por área de superficie y por volumen se reducen ligeramente. La razón de esto es supuestamente que el tamaño de poro era demasiado pequeño para un tamaño de β_2 -MG. Además, no se midieron las áreas de superficie específicas de poro de los Ejemplos 1 a 18, sino que se pudo predecir que estos eran de 250 m²/g o más, dado que la temperatura del baño de coagulación era de 43 °C en cualquier caso.

El Ejemplo 24 y el Ejemplo Comparativo 7 descritos en la Tabla 13 muestran los resultados de la preparación de la columna y la evaluación del rendimiento de adsorción. En el Ejemplo 24, en el que se incorporaron las fibras porosas con la sección transversal modificada, el rendimiento tiende a ser superior al del Ejemplo Comparativo 7, en el que la fibra tiene una sección transversal circular. Los Ejemplos 25 a 29 y el Ejemplo Comparativo 8 muestran los resultados de la variación de la relación de las fibras porosas con una sección transversal en forma de Y en el haz de fibras en una columna del 17 al 90 %. El rendimiento de adsorción tiende a mejorarse a medida que se aumenta la relación de las fibras porosas con una sección transversal en forma de Y, pero el aclaramiento en el momento en

el que la relación es del 17 % es casi igual al del Ejemplo Comparativo 7, en el que la relación es del 0 %, y, por tanto, no se halló el efecto de acuerdo con la presente invención.

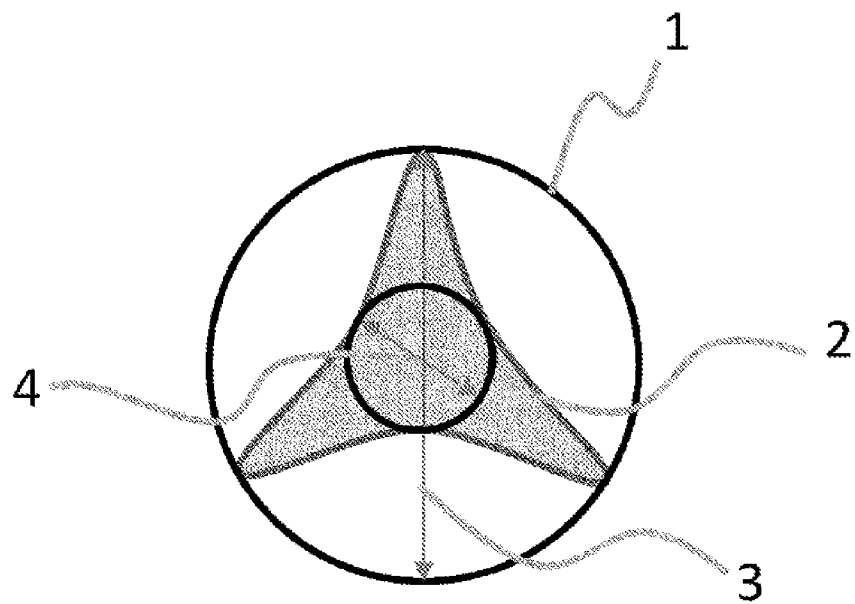
Descripción de los signos de referencia

5	1:	círculo circunscrito
	2:	círculo inscrito
	3:	diámetro de un círculo circunscrito D_o
	4:	diámetro de un círculo inscrito D_i
10	5:	círculos concéntricos que pasan por puntos que dividen un segmento de línea de radio en cinco longitudes iguales
	6:	región de la parte central
	7:	región de superficie cercana al exterior
	8:	centro de un círculo inscrito
15	9:	porción de punta de una parte proyectada
	10:	punto en el que se intersecan una línea recta que se conecta entre un centro de un círculo inscrito y una porción de punta de una parte proyectada y el círculo inscrito.
	11:	ancho de parte proyectada ω
	12:	círculo central
20	13:	ancho de una porción de hendidura
	14:	longitud de una porción de hendidura
	15:	diámetro de un círculo de punta
	16:	columna de purificación
	17:	bomba
25	18:	baño de agua caliente de 37 °C
	19:	vaso de precipitados para la eliminación
	20:	plasma en sangre para la circulación
	21:	plasma en sangre para la medición del aclaramiento
30		

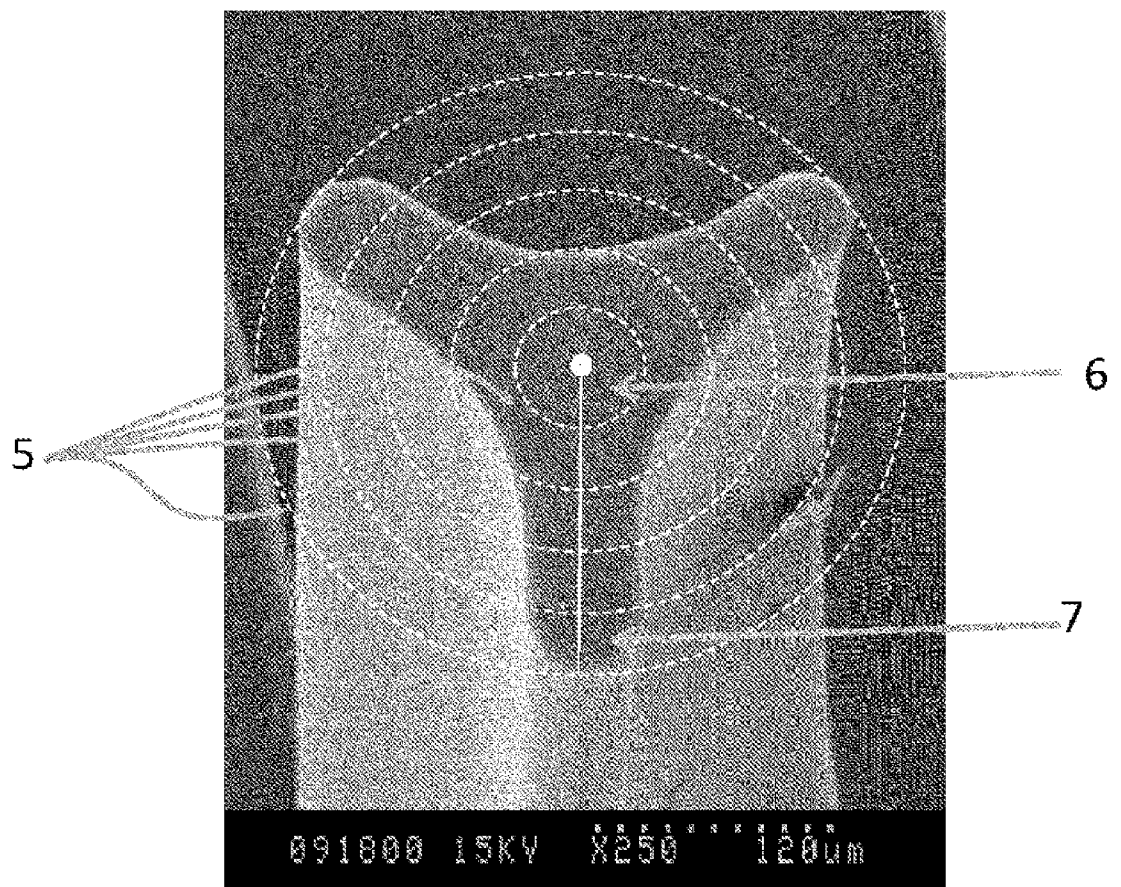
REIVINDICACIONES

1. Las fibras poliméricas porosas que cumplen las siguientes condiciones (a), (b) y (c) y que tienen una forma en la que tres o más partes proyectadas están continuamente presentes en la dirección longitudinal en la parte periférica de una fibra en estado sólido que no tiene una porción hueca:
 - (a) cuando el diámetro (4) de un círculo inscrito (2) se indica mediante D_i y el diámetro (3) de un círculo circunscrito (1) se indica mediante D_o en una sección transversal, el grado de modificación D_o/D_i , medido tal como se describe en la memoria descriptiva, es de 1,2 a 6,6;
 - (b) un índice de la forma de poro D_{xy} , medido tal como se describe en la memoria descriptiva, es de 0,2 o más y de 6,0 o menos; y
 - (c) una capa densa en la región cercana a la superficie de una fibra tiene un espesor, medido tal como se describe en la memoria descriptiva, de 0,01 μm o más y de 1,6 μm o menos.
2. Las fibras porosas de acuerdo con la reivindicación 1, en las que cuando un promedio de los anchos de la totalidad de las partes proyectadas en la sección transversal se denota por ω , medido tal como se describe en la memoria descriptiva, y ω/D_i es de 0,05 a 2,0.
3. Las fibras porosas de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en las que el promedio de los anchos de la totalidad de las partes proyectadas en la sección transversal ω es de 100 μm o menos.
4. Las fibras porosas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en las que un radio de poro promedio, medido tal como se describe en la memoria descriptiva, es de 0,5 nm o más y de 100 nm o menos.
5. Las fibras porosas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en las que un índice de distribución del tamaño de poro, medido tal como se describe en la memoria descriptiva, es de 1,0 o más y de 2,8 o menos.
6. Las fibras porosas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en las que una relación de poros de superficie, medida tal como se describe en la memoria descriptiva, es del 0,5 % o más y del 30 % o menos.
7. Las fibras porosas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en las que el área de superficie específica de los poros, medida tal como se describe en la memoria descriptiva, es de 50 m^2/g o más.
8. Las fibras porosas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en las que un diámetro equivalente de círculo de una sección transversal, medido tal como se describe en la memoria descriptiva, es de 10 μm o más y menos de 300 μm .
9. Las fibras porosas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en las que las fibras porosas contienen un material polimérico amorfo.
10. Fibras porosas según la reivindicación 9, en las que el material polimérico amorfo es un polímero que contiene grupos éster.
11. Una columna de purificación que se forma disponiendo fibras agrupadas de acuerdo con las reivindicaciones precedentes en forma recta en una dirección de un eje de envoltura en una carcasa de plástico, y conectando un puerto de entrada y un puerto de salida del fluido a tratar a ambos extremos de la carcasa.

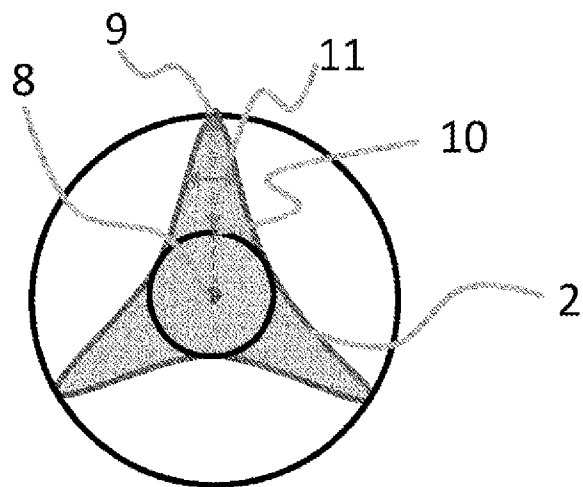
【Fig.1】



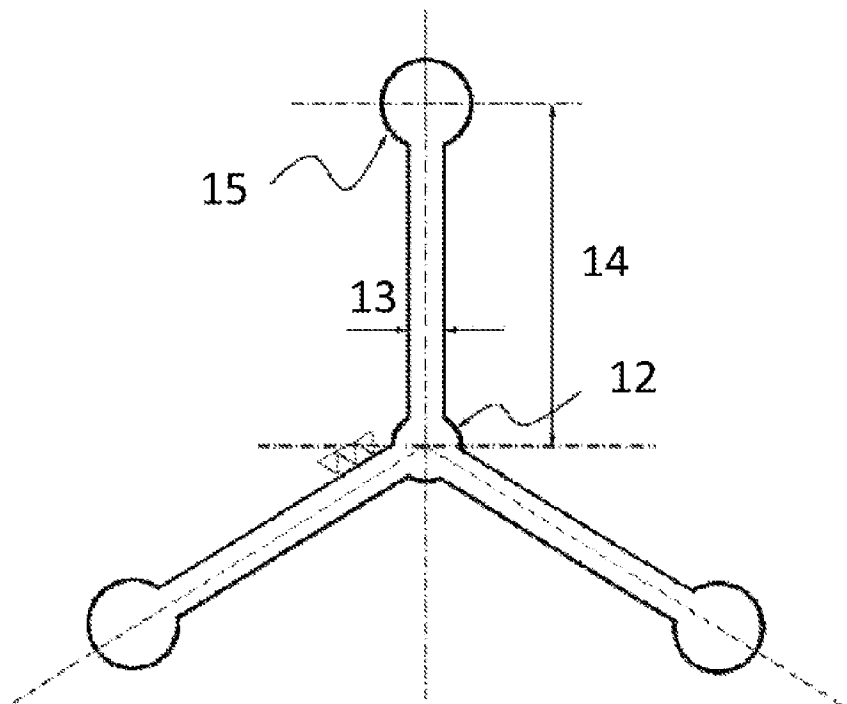
【Fig.2】



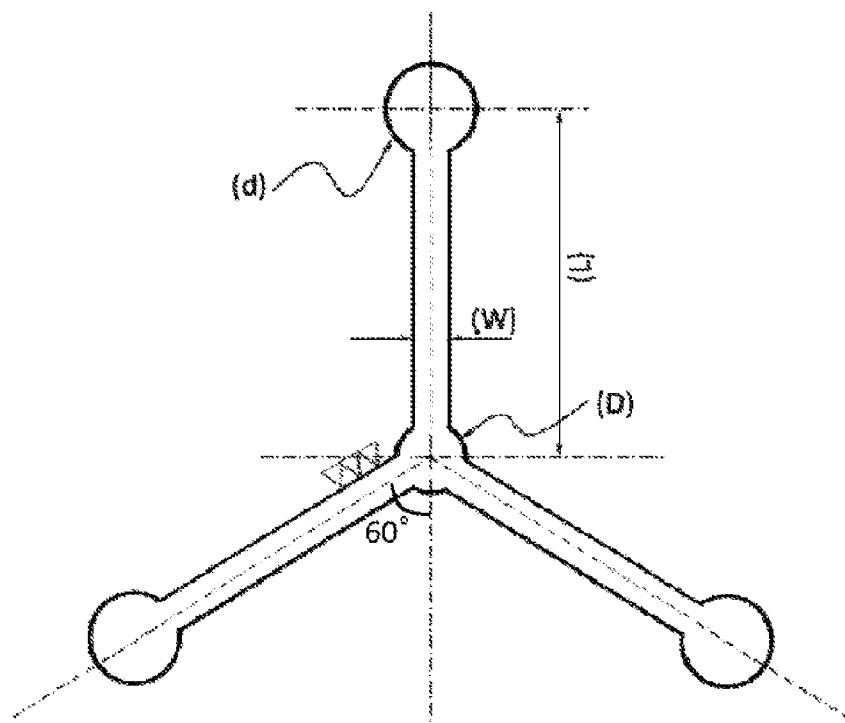
【Fig.3】



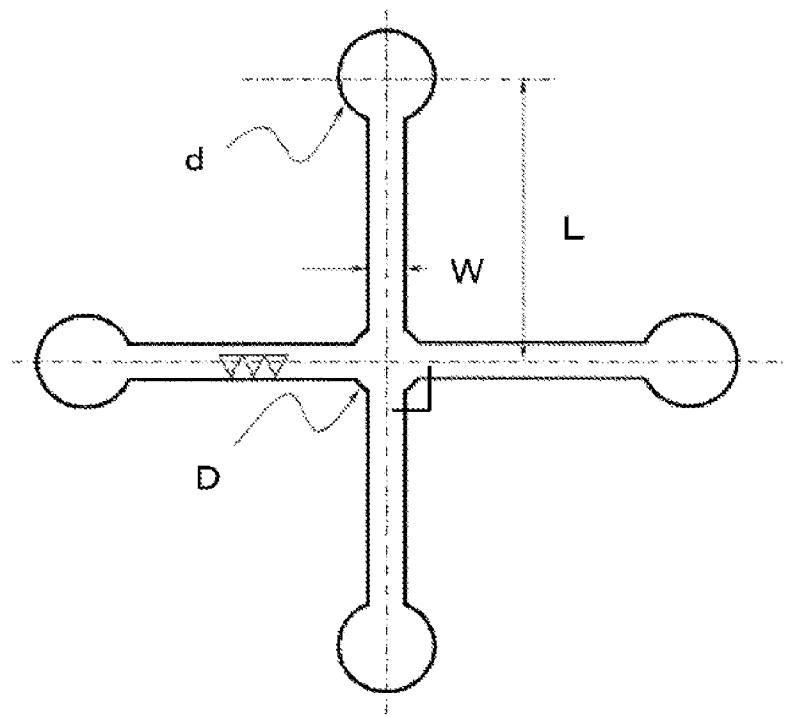
【Fig.4】



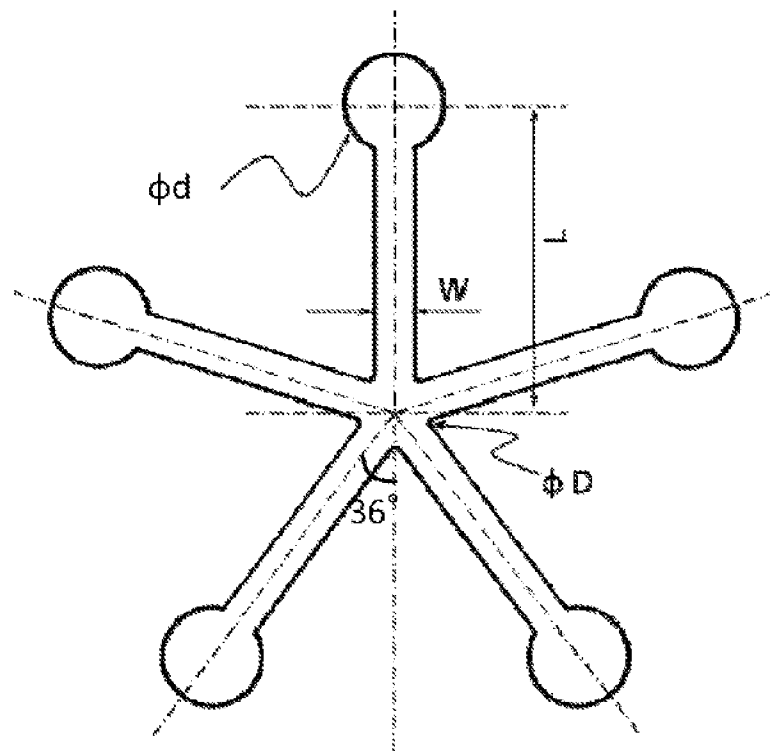
【Fig.5】



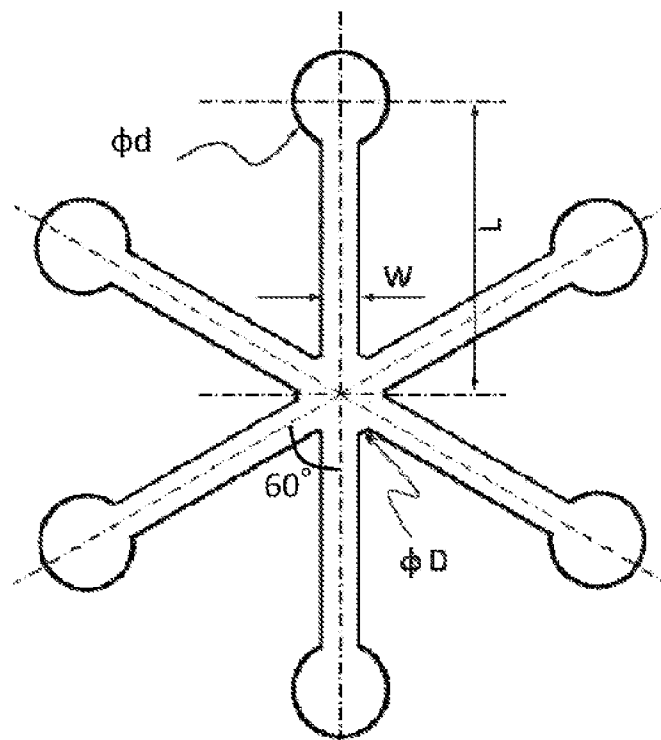
【Fig.6】



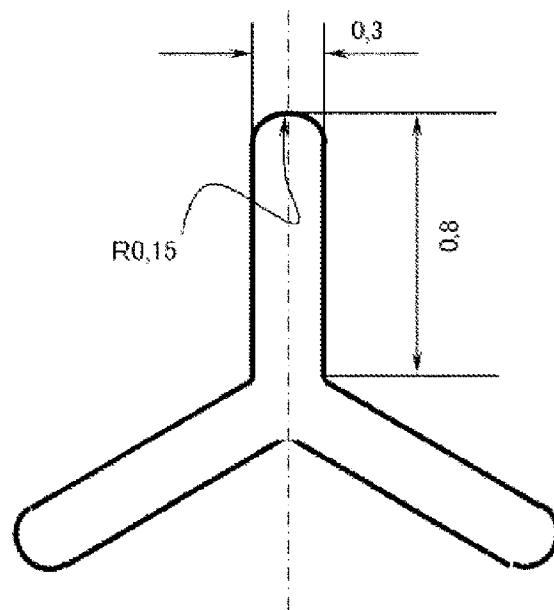
【Fig.7】



【Fig.8】



【Fig.9】



【Fig. 10】

