

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 575 603**

51 Int. Cl.:

**B01D 61/12** (2006.01)

**B01D 65/02** (2006.01)

**C02F 1/44** (2006.01)

**C02F 1/50** (2006.01)

**B01D 65/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.09.2007 E 07807653 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.04.2016 EP 2067520**

54 Título: **Método de funcionamiento de planta de filtración con membrana de ósmosis inversa y planta de filtración con membrana de ósmosis inversa**

30 Prioridad:

**25.09.2006 JP 2006259286**

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

**29.06.2016**

73 Titular/es:

**TORAY INDUSTRIES, INC. (100.0%)  
1-1, Nihonbashi-Muromachi 2-chome Chuo-ku  
Tokyo 103-8666, JP**

72 Inventor/es:

**ITO, YOHITO;  
KANTANI, SEIKO;  
UEMURA, TADAIHIRO y  
KITADE, TAMOTSU**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 575 603 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

Método de funcionamiento de planta de filtración con membrana de ósmosis inversa y planta de filtración con membrana de ósmosis inversa

5

**Campo técnico**

La presente invención se refiere a un método de funcionamiento de una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa y a una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa adecuadamente usada para obtener agua fresca desalando agua de mar y agua salina con una membrana de ósmosis inversa u obteniendo agua reutilizable purificando aguas negras tratadas, aguas residuales tratadas y aguas residuales industriales.

10

**Técnica anterior**

Se ha aplicado un proceso de filtración con membrana usando una membrana de ósmosis inversa a muchas industrias y el campo del tratamiento del agua que incluye desalinización de agua de mar, y sus superioridades en propiedad de separación, eficiencia de energía y similares han sido demostradas en comparación con las operaciones de separación rivales. Por otra parte, en el proceso de filtración con membrana de ósmosis inversa, el aumento en la presión de funcionamiento de la membrana de ósmosis inversa y la reducción en el agua permeada y la propiedad de separación debido a la proliferación de bacterias en forma de una biopelícula sobre una superficie de la membrana en un lado de agua que va a tratarse (en un lado de agua no permeada de la membrana de ósmosis inversa), es decir, bioincrustación, han sido problemas en la funcionamiento. Como se usa en el presente documento, biopelícula significa un cuerpo estructural formado de bacterias formadas sobre una pared de tubo o una superficie de membrana de ósmosis inversa, que contiene una sustancia de polímero extracelular que incluye principalmente polisacáridos y proteínas y bacterias, y ejemplos familiares de la biopelícula incluyen limo en un sumidero y similares.

15

20

25

30

35

Como contramedida contra la bioincrustación, se ha propuesto una tecnología de añadir un producto químico (denominado en lo sucesivo bactericida) para suprimir la proliferación de biopelícula al agua que va a tratarse, y muchos métodos que utilizan la tecnología se han propuesto como métodos eficaces. Ejemplos incluyen un método de supresión de la proliferación de biopelícula en el que un bactericida que contiene, como principio activo, 2-metil-4-isotiazolin-3-ona, 5-cloro-2-metil-4-isotiazolin-3-ona, una sal de las mismas o una mezcla de las mismas, se añade al agua que va a tratarse (Documento de patente 1), un método en el que ácido o iones plata se añaden al agua que va a tratarse como bactericida (Documentos de patente 2 y 3), y similares. Estos métodos obtienen un cierto efecto suprimiendo la proliferación de biopelícula poniendo un cierto tipo de bactericida en contacto con una membrana de ósmosis inversa continuamente o intermitentemente. Sin embargo, todavía no se ha propuesto un método para evaluar y verificar con exactitud y convenientemente la eficacia de condiciones para añadir bactericida en el proceso de filtración con membrana de ósmosis inversa.

40

45

Como una propuesta referente a un método para decidir las condiciones para añadir bactericida, un método de decisión de las condiciones de adición de bactericida dependiendo de los múltiples resultados de la evaluación de la calidad del agua bruta obtenidos evaluando el número de células incluidas en el agua bruta, una concentración de carbono orgánico asimilable (en lo sucesivo abreviado COA) y una velocidad de formación de biopelícula del agua bruta cuando se suministra el agua bruta a la que se añade un bactericida a una membrana de separación (membrana de ósmosis inversa) (Documento de patente 4).

50

55

Sin embargo, en la actual funcionamiento, es generalmente difícil emplear el método anteriormente descrito, e, incluso cuando es posible emplear el método, es frecuentemente difícil lograr un funcionamiento estable del proceso de filtración con membrana de ósmosis inversa. Por tanto, el método no ha sido reconocido como un método útil. Por ejemplo, en una medición de la concentración de COA, la preparación de recipientes y un pre-tratamiento de muestras son complicados, y es sorprendentemente difícil guardar las muestras. Por tanto, como una cuestión de práctica, es difícil realizar la medición de la concentración de COA, a menos que haya un laboratorio cerca de la planta de filtración con membrana de ósmosis inversa. Por tanto, el método no es en principio capaz de prevenir contaminación al 100 %. Además, aparte de la capacidad de realizar la medición, se ha demostrado que la concentración de COA no es exactamente un índice que sea cuantitativo con respecto a un grado de bioincrustación. Por ejemplo, se ha informado de una placa de filtración con membrana de ósmosis inversa que opera establemente durante medio año independientemente de una concentración de COA que supera 70 µg/l.

60

65

Por tanto, aunque el Documento de patente 4 desvela un método de medición de una velocidad de formación de biopelícula de agua bruta en lugar de COA, solo se describe el ejemplo de medición de una velocidad de formación de una biopelícula sobre un vidrio sumergido en agua de mar en la proximidad de una tubería de entrada, y el análisis del agua de mar (agua bruta) tomada por la tubería de entrada se describe en la memoria descriptiva. Sin embargo, en vista de los hechos de que una calidad de agua microbiológica cambia considerablemente dependiendo de los tratamientos en una unidad de entrada de agua bruta y una unidad de pre-tratamiento (por ejemplo, adición de cloro, floculación/filtración de arena, etc.) y que una cantidad de biopelícula está influida no solo por la calidad del agua, sino también por el flujo de agua (desde el punto de vista de la fortaleza y desprendimiento),

la inmersión en el agua de mar de entrada (agua bruta) es inapropiada como punto y condiciones para la evaluación de la calidad del agua de la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa. Por tanto, suponiendo que las condiciones de la calidad del agua y el flujo de agua son apropiadas, las condiciones todavía carecen de fiabilidad, ya que es imposible confirmar directamente y rápidamente los efectos de la esterilización y limpieza en el caso de controlar un método de funcionamiento de una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa basándose en los resultados de la medición de la velocidad de formación de biopelícula en el punto en el que no fluyen el bactericida y un agente de limpieza.

Por tanto, las condiciones de adición del bactericida han sido decididas siguiendo condiciones demostradas, que se estiman basándose en una regla empírica, o tomando el tiempo para la manipulación en el sitio de la bioincrustación, y todavía no se ha propuesto un método de decisión de las condiciones de adición de bactericida, que es altamente sensible para ser usado generalmente, racionalmente, de forma altamente fiable, conveniente y rápida. Por tanto, como se ha juzgado un efecto de aplicación de bactericida basándose principalmente en datos que incluyen una pérdida de presión del módulo de membrana de ósmosis inversa, una diferencia de presión transmembrana, una cantidad del agua permeada, una calidad del agua permeada, y similares, ya se ha formado una cantidad considerable de biopelícula cuando la anomalía se detecta usando tales datos, haciendo así difícil restaurar una propiedad de la membrana de ósmosis inversa por esterilización y limpieza.

Como una contramedida contra la bioincrustación se ha propuesto una tecnología de limpieza de una membrana de ósmosis inversa usando un agente de limpieza (limpieza química), además del método de uso de bactericida. Ejemplos del agente de limpieza incluyen hidróxido sódico, un quelante tal como etilendiamina-4-acetato (EDTA), un tensoactivo, 2-metil-4-isotiazolin-3-ona, 5-cloro-2-metil-4-isotiazolin-3-ona, y sales de las mismas que se usan también como bactericida, y similares, y estos agentes de limpieza se usan solos o en combinación de los mismos. Cuando hay una contaminación con una sustancia inorgánica, en el caso en el que la bioincrustación sea el principal objetivo de la limpieza, se llevan a cabo repetitivamente limpieza con álcali y limpieza con ácido. La limpieza química se realiza haciendo circular el agente de limpieza en el módulo de membrana de ósmosis inversa o impregnando el módulo de membrana de ósmosis inversa en un líquido que contiene el agente de limpieza, y se limpia todo o parte de los sistemas del módulo de membrana de ósmosis inversa. Del mismo modo que en el caso en el que se añade el bactericida, en la limpieza química, no se han propuesto métodos y patrones que permitan un criterio altamente sensible, racional, conveniente y rápido de un agente de limpieza eficaz, una concentración del agente de limpieza, un tiempo para una limpieza, una frecuencia de limpieza y similares, en comparación con el método y patrones usando la diferencia de presión transmembrana, la cantidad de agua permeada y similares, en la limpieza química.

Aunque un método de cambio de los equipos de pre-tratamiento tales como floculación/filtración de arena, filtración con membrana por una membrana de ultrafiltración o una membrana de microfiltración, y una presión de flotación y cambio de las condiciones de funcionamiento para los equipos de pre-tratamiento de manera que supriman la generación de biopelícula en la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa, y similares, se han propuesto como contramedida contra la bioincrustación, tampoco se ha propuesto una tecnología para juzgar de forma altamente sensible, racional, rápida y simple las influencias que van a ejercerse sobre la supresión de la formación de biopelícula por los cambios de los dispositivos y las condiciones de funcionamiento.

Documento de patente 1: JP-A-8-229363

Documento de patente 2: JP-A-12-354744

Documento de patente 3: JP-A-10-463

Documento de patente 4: JP-A-2002-143849

El documento US 2002/134716 A1 se refiere a una unidad de monitorización para monitorizar la condición de una membrana semi-permeable en un sistema de purificación de agua, y particularmente la condición de membrana en espiral en un sistema de purificación de agua de ósmosis inversa. La unidad de monitorización comprende una cámara de flujo que incluye una entrada para permitir el acceso de un fluido de alimentación en la cámara de flujo, y una salida de fluido de alimentación para permitir el flujo a través al menos del fluido de alimentación a través de la cámara de flujo de forma que se apliquen condiciones de flujo cruzado en la cámara de flujo. La membrana semi-permeable está al menos parcialmente soportada en la cámara de flujo. La unidad de monitorización comprende además al menos una salida de fluido dispuesta en comunicación fluida con la cámara de flujo para permitir el acceso de fluido de la unidad de monitorización después de haber pasado a través de la membrana; y una ventana de inspección para permitir la inspección visual de la membrana semi-permeable.

El documento US 6 017 459 A describe un aparato en línea para monitorizar la deposición de membranas que tiene un cuerpo exterior que define un compartimento interior para recibir una corriente de fluido. Un colector con testigo de corrosión está dispuesto en el compartimento interior y suspende al menos un soporte del testigo de corrosión. El soporte del testigo de corrosión contiene al menos una membrana para la recogida de deposición presente dentro de un sistema de filtración. El aparato permite el examen de la deposición de la superficie de membrana sin sacrificar un elemento de membrana y también proporciona oportunamente información de diagnóstico sobre un sistema de

filtración.

El documento JP 2003 340245 A se refiere a un dispositivo de tratamiento de membrana que puede operar establemente y continuamente lavando una membrana con una alta eficiencia seleccionando condiciones de lavado apropiadas, y un método de lavado para el mismo. En el dispositivo de tratamiento de membrana que tiene un módulo de membrana para filtrar el agua que va a tratarse que contiene materia orgánica con la membrana, al menos más de una línea de un módulo de mini-membrana que tiene una membrana de una dimensión de 1/2-1/100 veces, una calidad de membrana similar y una forma para aquellos de los módulos que se colocan en paralelo y así están constituidos de forma que la misma alimentación de agua al módulo pueda suministrarse al módulo. El módulo está contenido en una caja transparente de manera que la superficie de membrana pueda comprobarse visualmente desde fuera. La longitud del lado primario del módulo que hace una trayectoria de flujo para alimentar el agua en el módulo es preferentemente la misma que la del módulo. El método de lavado comprende una etapa de lavar químicamente el módulo antes lavar el módulo de manera que se compruebe el nivel de recuperación de permeabilidad del agua y el color de la membrana, una etapa de determinar así las condiciones de lavado que pueden proporcionar una alta eficiencia de lavado y prevenir el cambio de color de la superficie de la membrana, y una etapa de lavar químicamente el módulo en las condiciones determinadas.

### Divulgación de la invención

#### Problemas a resolver por la invención:

Es un objetivo de la presente invención proporcionar un método de funcionamiento de una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa que permita operaciones que incluyen adición de bactericida, limpieza química, pre-tratamiento y similares que se llevan a cabo con el fin de prevenir la bioincrustación de un módulo de membrana de ósmosis inversa de una unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa altamente fiable, altamente sensible, racional, rápida y conveniente en una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa, y la planta de filtración con membrana de ósmosis inversa.

#### Medios para resolver los problemas:

Con el fin de conseguir el objetivo anteriormente descrito, se define un método de funcionamiento de una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa según la presente invención en las reivindicaciones adjuntas y tiene la siguiente estructura (1).

(1) Un método de funcionamiento de una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa que tiene una unidad de entrada de agua bruta, una unidad de pre-tratamiento y una unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa que tiene un módulo de membrana de ósmosis inversa en este orden, comprendiendo dicho método:

disponer una membrana de ósmosis inversa usada como material de base de formación de biopelícula en un recipiente de flujo, en el que la membrana de ósmosis inversa es una hoja rectangular y está enrollada de tal manera que una superficie de capa de función de separación sirve de lado interno y la membrana de ósmosis inversa enrollada se empuja en el recipiente de flujo a lo largo de una pared interna del recipiente de flujo, en el que el lado interno es la parte sobre la que fluye el agua de evaluación dentro del recipiente de flujo, de manera que el agua de suministro del módulo de membrana de ósmosis inversa muestreada de la ramificación de tubería aguas arriba del primer módulo de membrana de ósmosis inversa en la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa y/o el agua no permeada por el módulo de membrana de ósmosis inversa muestreada de la ramificación de tubería aguas abajo de los módulos de membrana de ósmosis inversa a través de los cuales pasa el agua no permeada por el módulo de membrana de ósmosis inversa, circula sobre una superficie de una capa de función de separación de la hoja de membrana de ósmosis inversa usada como material de base de formación de biopelícula alojada en el recipiente de flujo, y que el agua de suministro del módulo de membrana de ósmosis inversa y/o el agua no permeada por el módulo de membrana de ósmosis inversa no se filtra por la hoja de membrana de ósmosis inversa usada como material de base de formación de biopelícula alojada en el recipiente de flujo, en condiciones que el agua de suministro del módulo de membrana de ósmosis inversa y/o el agua no permeada por el módulo de membrana de ósmosis inversa circula a una velocidad lineal igual a una velocidad lineal de agua no permeada en el módulo de membrana de ósmosis inversa de la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa e igual a una velocidad lineal promedio sobre la superficie del módulo de membrana de ósmosis inversa sobre la que circula el agua no permeada;

evaluar una cantidad de biopelícula sobre la hoja de membrana de ósmosis inversa usada como material de base de formación de biopelícula alojada en el recipiente de flujo a una frecuencia de una vez al día a una vez cada seis meses; y

controlar el método de funcionamiento de una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa basándose en los resultados de la evaluación,

en el que la membrana de ósmosis inversa usada como material de base de formación de biopelícula está hecha del mismo material que una membrana de ósmosis inversa que se usa en la planta de filtración con membrana de ósmosis inversa.

5 Más específicamente, el método de funcionamiento según el método de funcionamiento de la planta de filtración de ósmosis inversa según (1) en la presente invención contiene preferentemente las siguientes constituciones (3) a (6):

10 (2) en (1), el material de base de formación de biopelícula está hecho del mismo material que la membrana de ósmosis inversa que se usa en la planta de filtración con membrana de ósmosis inversa.

15 (3) en (2), la cantidad de biopelícula sobre una superficie del material de base de formación de biopelícula se evalúa por la cantidad de biopelícula sobre una superficie del material de base de formación de biopelícula se evalúa colocando la membrana de ósmosis inversa que se clasifica en un tamaño de un diámetro interno de D o menos y una altura de H o menos con plegado en un recipiente de flujo cilíndrico que tiene un diámetro interno de D y una altura de H de manera que orienten una superficie dirigida al agua bruta durante la filtración a un lado interno, y cortando una parte de la membrana de ósmosis inversa fijada en el recipiente de flujo cilíndrico por una resiliencia física en una dirección de la circunferencia.

20 (4) en (1), las condiciones de esterilización o condiciones de limpieza de la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa están controladas y se llevan a cabo tratamientos similares para el material de base de formación de biopelícula al mismo tiempo.

25 (5) en (1), la cantidad de biopelícula se evalúa basándose en ATP (adenosina-5'-trifosfato).

(6) Cuando la evaluación se lleva a cabo por ATP, el método de funcionamiento de la planta está controlado para lograr una cantidad de ATP de 200 pg/cm<sup>2</sup> o menos por unidad de superficie.

30 (7) en (1), en el método para evaluar la cantidad de biopelícula formada en agua bruta que tiene una concentración de sales del 3 % o más, tal como agua de mar, por el método de medición de ATP, la evaluación se lleva a cabo comprendiendo:

(a) suspender la biopelícula recogida del material de base de formación de biopelícula en agua pura;

35 (b) cuantificar una luminosidad del líquido de suspensión de (a) usando una reacción de luciferasa;

(c) medir una concentración de sales del líquido de suspensión de (a);

40 (d) calcular una cantidad de ATP del líquido de suspensión de (a) usando una ecuación de correlación de una inhibición de la concentración de sales que va a conferirse a un sistema de cuantificación usando la reacción de luciferasa, una ecuación de correlación de la concentración de ATP y la luminosidad en ausencia de la inhibición, y los resultados de (b) y (c); y

45 (e) calcular la cantidad de ATP por unidad de superficie usando un área de la superficie de formación de biopelícula recogida, un volumen de líquido del agua pura suspensa, y el resultado de la cantidad de ATP en el líquido de suspensión de (a) obtenido por (d).

Con el fin de conseguir el objetivo anteriormente descrito, se usa una planta que tiene las siguientes constituciones.

50 (8) Una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa que tiene una unidad de entrada de agua bruta, una unidad de pre-tratamiento y una unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa que tiene un módulo de membrana de ósmosis inversa en este orden, que comprende:

55 una ramificación de tubería aguas arriba del primer módulo de membrana de ósmosis inversa en la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa para hacer circular un agua de suministro y/o una ramificación de tubería aguas abajo del módulo de membrana de ósmosis inversa en la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa para hacer circular un agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa;

60 un recipiente de flujo conectado aguas abajo de la(s) tubería(s); y

una válvula de ajuste de la velocidad de flujo conectada aguas arriba o aguas abajo del recipiente de flujo,

65 en la que la membrana de ósmosis inversa está hecha del mismo material que una membrana de ósmosis inversa que se usa en la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa contenida en el recipiente de flujo de tal forma que el agua de suministro de la membrana de ósmosis inversa y/o el agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa en la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa circula paralela

a una superficie de una capa de función de separación de la membrana de ósmosis inversa usada como material de base de formación de biopelícula, y que el agua de suministro de la membrana de ósmosis inversa y/o el agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa no se filtra por la membrana de ósmosis inversa usada como material de base de formación de biopelícula, bajo flujo de agua a una velocidad lineal igual a una velocidad lineal de agua no permeada en el módulo de membrana de ósmosis inversa de la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa, e igual a una velocidad lineal promedio sobre la superficie del módulo de membrana de ósmosis inversa sobre la que circula el agua no permeada y en la que

la membrana de ósmosis inversa que se clasifica en un tamaño de una circunferencia de un círculo que tiene un diámetro interno de D o menos y una altura de H o menos se coloca en un recipiente de flujo cilíndrico que tiene un diámetro interno de D y una altura de H de manera que orienten una superficie dirigida al agua bruta durante la filtración a un lado interno, y fijada en el recipiente de flujo cilíndrico por una resiliencia física en una dirección de la circunferencia de la membrana de ósmosis inversa.

**Efecto de la invención:**

Cuando se usan el método de funcionamiento de una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa y la planta de filtración con membrana de ósmosis inversa según la presente invención, es posible monitorizar cuantitativamente una cantidad de biopelícula sobre la membrana de ósmosis inversa de la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa de la planta de filtración con membrana de ósmosis inversa, haciendo así posible corregir apropiadamente un método de funcionamiento de la planta de filtración con membrana de ósmosis inversa que incluye condiciones para un método bactericida y limpieza química de la membrana de ósmosis inversa, condiciones de funcionamiento de la unidad de pre-tratamiento y similares antes de la aparición de un aumento de pérdida de presión y una reducción de agua permeada. Como resultado de la eficaz contramedida contra la bioincrustación, es posible aumentar enormemente la estabilidad y eficiencia económica de la funcionamiento de la planta de filtración con membrana de ósmosis inversa. Por tanto, es posible evaluar de forma fiable, conveniente, rápida y sensible la cantidad de biopelícula en comparación con las tecnologías convencionales.

Además, en respuesta al resultado de la evaluación de la cantidad de biopelícula, es posible evitar gastar el desembolso de líquido químico superior al necesario en el caso en el que las condiciones para la esterilización y limpieza sean demasiado intensas, tal como un caso en el que se añade excesivamente un bactericida y una potencia de limpieza para la membrana de ósmosis inversa sea demasiado fuerte. Por tanto, como la esterilización y la limpieza química son suaves, es posible evitar la incrustación del módulo de membrana de ósmosis inversa a un grado que el rendimiento sea difícilmente restaurado por la limpieza, y es posible prolongar la vida del módulo de membrana, además de reducir el coste requerido para sustituir la membrana.

Por tanto, cuando los efectos de la esterilización y la limpieza química se degradan o pierden debido a la aparición de bacterias resistentes y similares, o cuando el bactericida y el agente de limpieza están siendo usados a pesar de haberse perdido los efectos, es posible reconocer la degradación o pérdida de efectos, haciendo así posible cambiar racionalmente las condiciones para la esterilización y la limpieza química de la membrana de ósmosis inversa cambiando los agentes actualmente usados.

**Breve descripción de los dibujos**

La Fig. 1 es un diagrama de flujo de una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa de desalinización de agua de mar.

La Fig. 2 es un diagrama de bloques que muestra un dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula.

La Fig. 3 es un material de base de formación de biopelícula (anillo de Teflon (marca registrada)).

La Fig. 4 es una barra de acero inoxidable con un gancho de anilla, a la que los materiales de base de formación de biopelículas similar a anillo se ajustan estando solapándose entre sí.

La Fig. 5 es una base de formación de biopelícula (hoja de membrana de ósmosis inversa).

**Descripción de números de referencia:**

1: tubería de entrada

2: bomba de entrada

3: tanque de solución de ácido hipoclorico

4: tanque de solución de agente floculante

## ES 2 575 603 T3

- 5: tanque de solución de ajustador del pH  
6: dispositivo de filtración de arena
- 5 7: tanque intermedio  
8: filtro de seguridad
- 9: tanque de solución de hidrogenosulfito de sodio
- 10 10: tanque de solución de bactericida  
11: módulo de membrana de ósmosis inversa
- 15 12: tanque de agua permeada de la membrana de ósmosis inversa  
13: tanque de solución de ajustador del pH  
14: tanque de solución de calcio
- 20 15: tanque de solución de agente de limpieza  
16a: recipiente de flujo que aloja material de base de formación de biopelícula  
16b: recipiente de flujo que aloja material de base de formación de biopelícula
- 25 16c: recipiente de flujo que aloja material de base de formación de biopelícula  
17a: ramificación de tubería aguas arriba del primer módulo de membrana de ósmosis inversa en la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa
- 30 17b: ramificación de tubería aguas abajo del punto de adición de agente de limpieza y bactericida y aguas arriba del primer módulo de membrana de ósmosis inversa en la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa  
17c: ramificación de tubería aguas abajo de los módulos de membrana de ósmosis inversa, a través de la que pasa el agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa
- 35 18: tubería de suministro de agua permeada  
19: válvula de ajuste de la velocidad de flujo
- 40 21: bomba de suministro de solución de ácido hipoclorónico  
22: bomba de suministro de agente floculante
- 45 23: bomba de suministro de solución de ajustador del pH  
24: bomba de suministro de solución de hidrogenosulfito de sodio
- 50 25: bomba de suministro de solución de bactericida  
26: bomba de suministro de solución de ajustador del pH  
27: bomba de suministro de solución de calcio
- 55 28: bomba de suministro de solución de agente de limpieza  
29: bomba de alta presión
- 60 30: bomba de suministro de solución  
31: tanque de solución desintoxicante del agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa  
32: tanque de tratamiento desintoxicante del agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa
- 65 33: tubería de descarga del agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa

34: bomba de suministro de solución desintoxicante del agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa

50: manguera

5 51: medidor de flujo

52: unión de acoplamiento rápido

10 53: recipiente de flujo, unidad abierta/cerrada

54: recipiente de flujo

55a: anillo de Teflon (marca registrada)

15 55b: membrana de ósmosis inversa

56: válvula de ajuste de la velocidad de flujo

20 57: barra de acero inoxidable con gancho de anilla

58: dirección de flujo

100: unidad de entrada de agua bruta

25 200: unidad de pre-tratamiento

300: unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa

**Mejor modo para llevar a cabo la invención**

30 En lo sucesivo, el método de funcionamiento de un proceso de filtración con membrana según la presente invención se describe en más detalle.

35 El método de funcionamiento de una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa según la presente invención es un método de funcionamiento de una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa que tiene una unidad de entrada de agua bruta, una unidad de pre-tratamiento y una unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa que tiene un módulo de membrana de ósmosis inversa en este orden, el método comprende colocar un material de base de formación de biopelícula en condiciones de hacer circular agua de suministro de la membrana de ósmosis inversa y/o agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa en una unidad de  
40 filtración con membrana de ósmosis inversa a una velocidad lineal que es igual a una velocidad lineal de agua no permeada en el módulo de membrana de ósmosis inversa de la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa después de un pre-tratamiento; y evaluar una cantidad de biopelícula sobre el material de base de formación de biopelícula a una frecuencia de una vez por día a una vez cada seis meses.

45 La presente invención se basa en el siguiente concepto.

(a) Se tolera la formación de una biopelícula sobre una superficie del módulo de membrana de ósmosis inversa, que es menor en comparación con una cantidad de biopelícula que produce bioincrustación.

50 (b) Evaluando una cantidad de biopelícula formada sobre una superficie expuesta al agua que es equivalente al agua que circula sobre una superficie del módulo de membrana de ósmosis inversa en una lado de agua no permeada se evalúa y monitoriza indirectamente una cantidad de biopelícula sobre la superficie del módulo de membrana de ósmosis inversa en el lado de agua no permeada.

55 (c) Los resultados de la evaluación se alimentan de nuevo al método de funcionamiento de la planta de manera que se mantenga la cantidad de biopelícula de (b) al nivel tolerable u opere más económicamente cuando se ha alcanzado el nivel tolerable.

60 Aunque la presente invención se describe a continuación en detalle con referencia a los dibujos, contenidos de la presente invención no se limitan a los dibujos. La Fig. 1 muestra un diagrama de flujo de una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa para la desalinización de agua de mar que emplea la presente invención, y las Figs. 2 a 5 muestran diagramas de bloques de un dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula y un material de base de formación de biopelícula.

65 En la Fig. 1, la planta de filtración con membrana de ósmosis inversa está provista de una tubería de entrada 1, una bomba de entrada 2, un dispositivo de filtración de arena 6, un tanque intermedio 7, un filtro de seguridad 8, una

## ES 2 575 603 T3

bomba de alta presión 29, un módulo de membrana de ósmosis inversa 11 y una línea de descarga de agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa, que están conectados en este orden desde aguas arriba a lo largo de un flujo de agua.

5 En la planta de filtración con membrana de ósmosis inversa, el agua puede tomarse directamente de una parte superficial del mar o puede bombearse una llamada agua profunda. Por tanto, puede tomarse agua por un método de entrada de agua de infiltración que usa arena del lecho marino como filtro. Las partículas que incluyen arenas y similares se separan preferentemente del agua de mar bombeada en un recipiente de sedimentación o similares.

10 En un punto aguas arriba de la bomba de entrada 2 se añade una solución de ácido hipoclorítico como bactericida por una bomba de suministro de solución de ácido hipoclorítico 21 con el fin de prevenir la formación de biopelícula y la deposición de organismos del océano tales como crustáceos y algas marinas sobre la tubería de entrada 1 y la tubería aguas abajo de la tubería de entrada 1. Como bactericida generalmente se usan bactericidas oxidantes tales como una solución de hipoclorito de sodio que puede generar cloro disociado, y pueden usarse bactericidas distintos de la solución de ácido hipoclorítico, mientras que los bactericidas logren el efecto equivalente.

15 En un punto entre la bomba de entrada 2 y el dispositivo de filtración de arena 6 se añade una solución de agente floculante para promover la separación sólido-líquido producida por la filtración de arena. Por tanto, se añade una solución de ajustador del pH tal como ácido sulfúrico al agua de mar por una bomba de suministro de solución de ajustador del pH 23 con el fin de suprimir la generación de una cascarilla tal como sulfato de calcio sobre una línea en el lado de agua no permeada del módulo de membrana de ósmosis inversa 11. Ejemplos del agente floculante incluyen cloruro férrico, polí(cloruro de aluminio) y similares. Como pre-tratamiento, distinto del dispositivo de filtración de arena 6, puede usarse un tratamiento usando un dispositivo de separación por flotación, una membrana de ultrafiltración, una membrana de microfiltración, o una membrana de ósmosis inversa suelta. El pre-tratamiento se lleva a cabo con el fin de purificar el agua bruta tomada a un grado requerido con el fin de evitar ejercer una carga sobre las etapas de proceso aguas abajo y puede seleccionarse apropiadamente dependiendo de un grado de contaminación del agua bruta tomada.

20 El agua bruta tomada después del pre-tratamiento se almacena en un tanque intermedio 7 que se proporciona cuando así se requiera para proporcionar función de ajuste de la cantidad de agua y función de tamponamiento de la calidad del agua.

25 Se proporciona un filtro de seguridad 8 aguas abajo del tanque intermedio 7 cuando así se requiera con el fin de prevenir la rotura de la bomba de alta presión 29 y el módulo de membrana de ósmosis inversa 11 debido a contaminantes.

30 A continuación, un agente reductor tal como hidrogenosulfito de sodio se añade por una bomba de suministro de solución de hidrogenosulfito de sodio 24. El agente reductor se añade cuando el bactericida oxidante se añade en una etapa aguas arriba en una unidad de entrada de agua bruta o similares con el fin de prevenir que se deteriore la membrana de ósmosis inversa por cloro residual y similares. Puede usarse cualquier producto químico distinto de la solución de hidrogenosulfito de sodio, mientras que el producto químico tenga el mismo efecto.

35 A continuación, el bactericida se añade por una bomba de suministro de solución de bactericida 25. Un dispositivo para añadir el bactericida se proporciona preferentemente con un mecanismo de control que tiene una válvula y una bomba para controlar una cantidad de aditivo, un tiempo de adición, una frecuencia de adición y similares con el fin de controlar las conducciones de adición de bactericida. Una posición en la que el producto químico tal como el bactericida se añade puede decidirse arbitrariamente y es preferentemente aguas arriba o aguas abajo del filtro de seguridad 8.

40 A continuación, el agua de mar presurizada por la bomba de alta presión 29 se suministra al módulo de membrana de ósmosis inversa 11.

45 Se proporciona una tubería para añadir un agente de limpieza para la limpieza química aguas arriba del módulo de membrana de ósmosis inversa 11. Aunque el punto en el que el agente de limpieza se añade no está particularmente limitado, el punto está preferentemente aguas abajo de la bomba de alta presión 29, ya que la bomba de alta presión 29 y similares pueden corroerse dependiendo del tipo de agente de limpieza.

50 El agua suministrada al módulo de membrana de ósmosis inversa 11 se separa en un agua permeada y un agua no permeada, y el agua no permeada se descarga al mar mediante una tubería de descarga de agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa 33 después de un ajuste del pH y un tratamiento desintoxicante del bactericida en un tanque de tratamiento desintoxicante del agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa 32.

55 Después de la membrana de ósmosis inversa, el agua permeada se almacena en el tanque de agua permeada de la membrana de ósmosis inversa 12, se añade una solución de ajustador del pH al agua permeada de la membrana de ósmosis inversa por una bomba de suministro de solución de ajustador del pH 26 aguas abajo, y se añade una solución de calcio al agua permeada de la membrana de ósmosis inversa por una bomba de suministro de solución

de calcio 27 aguas abajo, por ejemplo, de manera que el agua permeada se muestrea de la tubería de suministro de agua permeada 18 como un agua desalada de acuerdo con la norma sobre agua potable.

Como se usa en el presente documento, la membrana de ósmosis inversa es una membrana semipermeable que permea una parte de los componentes, tales como un disolvente, del agua de suministro y no permea el resto de los componentes, y una llamada membrana de nanofiltración, una membrana de ósmosis inversa suelta y similares están incluidos como membrana de ósmosis inversa. Como material para la membrana de ósmosis inversa se usa preferentemente un material de polímero tal como un polímero de acetato de celulosa, poliamida, poliéster, poliimida, y un polímero de vinilo. Una estructura de la membrana puede ser una estructura asimétrica que tiene una capa microdensa proporcionada sobre al menos un lado y poros finos que tienen cada uno un diámetro de poro que aumenta gradualmente desde la capa microdensa hasta una membrana interior o el otro lado o puede ser una estructura de membrana compleja que tiene una capa de función de separación formada de otro material y sobre la capa microdensa de la membrana asimétrica. Un espesor de la membrana está preferentemente en el intervalo de 10 µm a 1 mm. Como membrana de ósmosis inversa representativa se conoce una membrana asimétrica de acetato de celulosa o poliamida, una membrana compleja que tiene una capa de función de separación de poliamida o poliurea, y similares, y, se logra un efecto superior usando la membrana compleja de poliamida en la presente invención. Ejemplos preferidos de la membrana de ósmosis inversa incluyen las membranas complejas de poliamida aromática desveladas en los documentos JP-A-62-121603, JP-A-8-138658 y la patente de EE.UU. 4.277.344.

Por tanto, como se usa en el presente documento, el módulo de membrana de ósmosis inversa se obtiene ensamblando la membrana de ósmosis inversa anteriormente descrita, etc., en una carcasa para uso práctico, y puede seleccionarse un módulo en espiral, un módulo tubular y un módulo de placa y marco en el caso de uso de una membrana plana. Entre éstos, el módulo en espiral tiene miembros tales como un material de línea de agua de suministro y un material de línea de agua permeada como se desvela en los documentos JP-A-9-141060 y JP-A-9-141067, por ejemplo, y se logra un efecto significativo en el caso de uso de agua de mar que tiene una alta concentración de soluto como agua bruta u operando el dispositivo a alta presión.

Puede establecerse apropiadamente una presión de funcionamiento de la bomba de alta presión dependiendo del tipo de agua de suministro y el método de funcionamiento y es preferentemente una presión relativamente baja de aproximadamente 0,1 a 3,0 MPa en el caso en el que el agua de suministro sea una solución que tiene una baja presión osmótica, tal como agua salina y agua ultra-pura, o es preferentemente una presión relativamente alta de aproximadamente 2,5 a 15,0 MPa en el caso de desalinización de agua de mar, tratamiento de aguas residuales, recuperación de materiales útiles y similares con el fin de evitar el despilfarró de energía tal como energía eléctrica, además de para obtener buena calidad del agua permeada. Por tanto, con el fin de lograr una presión de suministro adecuada y la presión de funcionamiento, puede proporcionarse una bomba en una línea arbitraria.

Una temperatura de funcionamiento de la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa puede establecerse apropiadamente en el intervalo de 0 °C a 100 °C, ya que el agua de suministro se congela a una temperatura inferior a 0 °C y se evapora cuando la temperatura es superior a 100 °C. Con el fin de mantener un buen rendimiento del dispositivo y la membrana de ósmosis inversa, la temperatura de funcionamiento puede estar en el intervalo de 5 °C a 50 °C. Los detalles pueden decidirse según la información técnica proporcionada por el fabricante.

Una tasa de recuperación de la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa puede establecerse apropiadamente en el intervalo del 5 % al 98 %. En este caso, es necesario considerar las condiciones de pre-tratamiento y la presión de funcionamiento en respuesta a cualidades, concentraciones y presiones osmóticas del agua de suministro y el agua no permeada (documento JP-A-8-108048). Por ejemplo, la tasa de recuperación se establece generalmente al 10 % al 40 %, o al 40 % al 70 % en el caso de desalinización de agua de mar usando un dispositivo de alta eficiencia. En el caso de desalinización de agua salina o producción de agua ultra-pura, la tasa de recuperación puede establecerse al 70 % o más, o 90 % al 95 %.

El módulo de membrana de ósmosis inversa en la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa puede ser de un tipo de una única etapa o un tipo multi-etapa, y puede disponerse en serie o en paralelo al agua de suministro. En el caso de disponerse en serie, puede proporcionarse una bomba de refuerzo entre los módulos adyacentes.

El agua no permeada de la membrana de ósmosis inversa tiene una energía de presión que se recupera preferentemente para reducir el coste de funcionamiento. La recuperación de energía puede realizarse usando un dispositivo de recuperación por una bomba de recuperación de energía tipo turbina dedicada que está unida en la vecindad de la bomba de alta presión o entre los módulos adyacentes. Por tanto, una capacidad de tratamiento del dispositivo de desalinización puede estar en el intervalo de 0,5 a 1.000.000 m<sup>3</sup> como cantidad de agua por día.

La tubería en la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa tiene preferentemente una estructura en la que la parte de retención se reduce tan poco como sea posible. Además, con el fin de prevenir la generación de cascarilla, un nivel de pH del agua de suministro es preferentemente ácido, y, como se espera un caso de uso de agentes variables en calidad como bactericida y agente de limpieza, un material que tiene resistencia a productos químicos, tales como un acero inoxidable y un acero inoxidable de dos fases, se usa preferentemente para las tuberías, válvulas y miembros a través de los que circulan los agentes.

El método de desalinización de la presente invención también es aplicable a la separación y concentración de un líquido y una materia sólida usando una membrana de microfiltración y separación y concentración de un componente de contaminación usando una membrana de ultrafiltración y particularmente adecuado para realizar la separación y concentración de un componente soluble usando una membrana de ósmosis inversa o una membrana de nanofiltración. Particularmente, el método de desalinización es altamente eficaz para la desalinización de agua de mar o agua salina, producción de agua industrial, concentración de zumo de frutas o similares, clasificar agua de grifo, un tratamiento avanzado para agua de grifo, y similares.

En lo sucesivo se describe en detalle un método de evaluación de una cantidad de biopelícula, que es uno de los puntos característicos de la presente invención.

La unidad de entrada de agua bruta en la presente invención significa una etapa que está formada de la tubería de entrada, la bomba de entrada, y similares, y se usa para tomar un agua de mar bruta en una planta. La unidad de pre-tratamiento significa una etapa de un tratamiento del agua de mar tomada usando el dispositivo de pre-tratamiento tal como el dispositivo de filtración de arena a un almacenamiento temporal en el tanque intermedio. La unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa significa el uno o más módulo o módulos de membrana de ósmosis inversa y una serie de etapas realizadas antes de suministrar el agua de mar que ha sido sometida al pre-tratamiento al (a los) módulo(s) de membrana de ósmosis inversa. Como se usa en el presente documento, la serie de etapas de proceso significa la filtración por el filtro de seguridad, la adición de un agente reductor tal como hidrosulfito de sodio, la adición de un bactericida para la prevención de incrustación del módulo de membrana de ósmosis inversa, la adición de un agente anti-cascarilla y similares.

En la presente invención se evalúan el agua de suministro de la membrana de ósmosis inversa y/o el agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa. La Fig. 1 muestra el diagrama de flujo de la planta de filtración con membrana de ósmosis inversa. Como se usa en el presente documento, el agua de suministro de la membrana de ósmosis inversa significa agua presente aguas abajo de la unidad de pre-tratamiento 200 y en la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa 300. En el caso en el que haya pluralidad de módulos de membrana de ósmosis inversa 11, el agua de suministro de la membrana de ósmosis inversa se muestrea desde una tubería aguas arriba del primer módulo de membrana de ósmosis inversa 11 y tiene componentes y una temperatura (-3 °C a +5 °C) que son los mismos que aquellos del agua de suministro de la membrana de ósmosis inversa. En el caso en el que haya un módulo de membrana de ósmosis inversa 11, el agua de suministro de la membrana de ósmosis inversa se muestrea desde una tubería aguas arriba del primer módulo de membrana de ósmosis inversa 11 y tiene componentes y una temperatura (-3 °C a +5 °C) que son los mismos que aquellos del agua de suministro de la membrana de ósmosis inversa. Por tanto, el agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa es agua muestreada de una tubería aguas abajo del módulo de membrana de ósmosis inversa 11 y tiene componentes y una temperatura (-3 °C a +5 °C) igual que aquellos de al menos una del agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa. Los puntos o punto de muestreo del agua de suministro de la membrana de ósmosis inversa y/o el agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa pueden establecerse en una cualquiera de una tubería aguas abajo del tanque intermedio 7 a aguas arriba del filtro de seguridad 8, una tubería aguas abajo del filtro de seguridad 8 a aguas arriba de la bomba de alta presión 29, una tubería aguas abajo de la bomba de alta presión 29 al módulo de membrana de ósmosis inversa 11, y una tubería para hacer circular el agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa del módulo de membrana de ósmosis inversa 11. Al menos uno de los puntos de muestreo se proporciona preferentemente aguas abajo de los puntos de adición del bactericida y el agente de limpieza. Con tal constitución, es posible verificar directamente y rápidamente los efectos de esterilización y limpieza, haciendo así posible operar la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa 300 más establemente y eficazmente.

Como se ha encontrado que es posible realizar favorablemente el control de la funcionamiento sobre la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa bajo una alta presión cuando el suministro de agua a los recipientes de flujo 16b y 16c que alojan el material de base de formación de biopelícula se basa en el resultado de la evaluación de la cantidad de biopelícula formada durante el suministro de agua bajo una presión reducida, es preferible suministrar el agua después de considerar la seguridad, conveniencia y similares en mediciones y reducir la presión en el caso de muestrear de la tubería de alta presión aguas abajo de la bomba de alta presión 29. El agua de suministro de la membrana de ósmosis inversa y/o el agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa se ramifica de las tuberías 17a, 17b y 17c que va a suministrarse al recipiente de flujo 16 que aloja el material de base de formación de biopelícula usando una tubería, una manguera, o similares.

Las Figs. 2 a 5 muestran diagramas de bloques de un dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula y un material de formación de biopelícula, y la presente invención no se limita a los dibujos.

Como se usa en el presente documento, el dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula está provisto de un recipiente de flujo 54 que aloja el material de base de formación de biopelícula 55, una válvula de ajuste de la velocidad de flujo 56 y un medidor de flujo 51 dispuestos aguas arriba o aguas abajo del recipiente de flujo 54, y el recipiente de flujo 54, la válvula de ajuste de la velocidad de flujo 56 y el medidor de flujo 51 están conectados con una manguera 50 y un miembro de tubería de acero inoxidable. Se proporciona una unión de acoplamiento rápido 52 en cada uno de los extremos opuestos del recipiente de flujo 54 para facilitar la conexión/desconexión del recipiente de flujo al/del dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula. En la Fig. 1, la tubería 17a que se

ramifica aguas arriba del primer módulo de membrana de ósmosis inversa en la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa 300, la tubería 17b que se ramifica aguas arriba del primer módulo de membrana de ósmosis inversa en la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa 300, la tubería 17c que se ramifica aguas abajo del módulo de membrana de ósmosis inversa 11 permitiendo el paso del agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa, y los recipientes de flujo 16a, 16b y 16c, están conectados usando el miembro de tubería (no mostrado) y la manguera 50.

Una unidad abierta/cerrada de recipiente de flujo 53 y el medidor de flujo 51 proporcionado en la parte más aguas abajo del recipiente de flujo 54 que aloja el material de base de formación de biopelícula 55 están conectados entre sí con un miembro de tubería. Una periferia externa de una parte en la que la manguera y el miembro de tubería se solapan se asegura preferentemente por una abrazadera (no mostrada).

La forma del recipiente de flujo no está particularmente limitada, y ejemplos de la forma incluyen un prisma triangular, un prisma cuadrático (paralelepípedo rectangular), un prisma multiangular, una columna cilíndrica y similares. Desde el punto de vista de la uniformidad de las condiciones de flujo que influyen sobre las condiciones de cizallamiento de la membrana de ósmosis inversa y las condiciones del transporte de sustancia y disponibilidad, se usa preferentemente una columna, por ejemplo, que es un tubo circular. Un material de base que proporciona una superficie para la medición de la cantidad de biopelícula se aloja en el recipiente de flujo. Al menos un extremo del recipiente de flujo tiene una estructura que facilita la transferencia del material de base de formación de biopelícula del/dentro del recipiente de flujo. Como se ha descrito anteriormente, desde que se ha encontrado como resultado de la amplia investigación que es posible realizar favorablemente el control de la funcionamiento basándose en el resultado de la evaluación de la cantidad de biopelícula formada bajo el flujo de agua después de la reducción de presión desde que el resultado de la evaluación tiene correlatividad con el resultado de funcionamiento de la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa bajo una alta presión. Por consiguiente, es preferible permitir que el agua circule al recipiente de flujo después de la reducción de la presión en vista de la seguridad, conveniencia y similares para la medición. El agua de suministro de la membrana de ósmosis inversa y el agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa aguas abajo de la bomba de alta presión circulan preferentemente después de la reducción de la presión, ya que es posible realizar la transferencia del material de base de formación de biopelícula en y del recipiente de flujo con seguridad, convenientemente y rápidamente en la evaluación del transcurso de tiempo de la cantidad de biopelícula sobre el material de base de formación de biopelícula. La resistencia a la presión de la manguera, los miembros de tubería, la válvula de ajuste de la velocidad de flujo, el recipiente de flujo y similares pueden ser una cualquiera, mientras que sea capaz de soportar la presión del agua en el punto de flujo del agua, y la resistencia a la presión y una propiedad de sellado de  $2 \text{ kgf/cm}^2$  es en general satisfactoria. Cada una de las partes de unión puede reforzarse con una cinta selladora, una cinta de vinilo, una abrazadera, una resina epoxi, o similares, si fuera necesario.

Puede usarse cualquier material para los materiales para el recipiente de flujo, los miembros de tubería, la manguera y la válvula de ajuste de la velocidad de flujo, mientras que los materiales cumplan los requisitos de resistencia anteriormente descritos y sean resistentes a los productos químicos usados para la esterilización y limpieza química y tengan elución y absorción reducida de sustancias orgánicas. Como material para el recipiente de flujo se usa preferentemente un vidrio transparente o policarbonato, ya que estos materiales son suficientemente duros y permiten la confirmación del interior desde el exterior. Puede usarse Teflon (marca registrada), poli(cloruro de vinilo) y un acero inoxidable como material para los miembros de tubería, y pueden usarse Teflon (marca registrada), poli(cloruro de vinilo) y una resina de flúor como material para la manguera. Aunque una longitud de la manguera y el recipiente de flujo no está limitada, mientras que las longitudes cumplan la facilidad de manipulación, pero la manguera sea preferentemente corta, y la longitud del recipiente de flujo sea preferentemente aproximadamente 60 cm en vista de la facilidad de manipulación según la experiencia del inventor.

Un diámetro interno del recipiente de flujo no está particularmente limitado y puede decidirse dependiendo de una velocidad de flujo de agua que va a tomarse de manera que alcancen las condiciones de la velocidad lineal.

En el caso de uso de un miembro que tiene una baja propiedad de bloqueo de la luz como miembros, tales como el material de base de formación de biopelícula y el miembro de tubería, es preferible bloquear la luz, excepto en la funcionamiento de medición, con el fin de evitar la proliferación de algas.

Se establece una velocidad de flujo de agua que circula al recipiente de flujo de tal manera que una velocidad lineal en el recipiente de flujo después de alojar el material de base de formación de biopelícula sea igual a una velocidad lineal promedio sobre la superficie del módulo de membrana de ósmosis inversa sobre la que circula el agua no permeada en vista del establecimiento de un entorno de crecimiento y entorno de cizallamiento similar. Por ejemplo, en el caso del módulo cilíndrico en espiral, cuando un área en sección de una línea en el lado de no permeación de la membrana de ósmosis inversa en una dirección de un eje del cilindro es S y un promedio de la velocidad de flujo de agua de suministro al módulo de membrana de ósmosis inversa y la velocidad de flujo de agua no permeada es F, la velocidad de flujo de agua que circula al recipiente de flujo es preferentemente de  $0,3 \times F/S$  a inferior a  $3 \times F/S$ , más preferentemente de  $0,7 \times F/S$  a inferior a  $1,3 \times F/S$ . La velocidad de flujo de agua que circula al recipiente de flujo puede medirse conectando el medidor de flujo 51 aguas arriba o aguas abajo del recipiente de flujo 54 o puede medirse por un volumen o un peso de agua recogida durante un cierto periodo de tiempo.

Se sabe que no solo una temperatura y una concentración de nutrientes, sino también condiciones hidráulicas, influyen en la deposición de bacterias, sustancias orgánicas y sustancias inorgánicas sobre la biopelícula, separación de estos componentes de la biopelícula, resistencia de la biopelícula, y similares. Las características de la biopelícula formada sobre el material de base se vuelven considerablemente diferentes de aquellas de la biopelícula formada sobre la superficie del módulo de membrana de ósmosis inversa cuando las condiciones hidráulicas se desvían, y la desviación de la condición hidráulica hace difícil evaluar y monitorizar correctamente la cantidad de biopelícula sobre la superficie del módulo de membrana de ósmosis inversa. La velocidad lineal del módulo de membrana de ósmosis inversa está generalmente en el intervalo de 5 a 30 cm/s, aunque cambia dependiendo de la posición del módulo de membrana de ósmosis inversa, condiciones de funcionamiento y similares.

Una dirección hacia la que el recipiente de flujo está dispuesta no está particularmente limitada, pero el recipiente de flujo está preferentemente dispuesto verticalmente, circulando el líquido hacia arriba en la dirección vertical y usándose un extremo superior como unidad de abertura/cierre del recipiente de flujo para facilitar la transferencia del material de base de formación de biopelícula desde/dentro del recipiente de flujo.

Con referencia a la Fig. 1, en la medición de la cantidad de biopelícula, el flujo de agua al recipiente de flujo 54 se detiene por la válvula o similares, y la unidad de abertura/cierre del recipiente de flujo 53 proporcionada en el extremo aguas abajo del recipiente de flujo que aloja el material de base de formación de biopelícula 55 se abre para extraer cuidadosamente una parte del material de base dentro del recipiente de flujo. Después de sacar la parte del material de base, la unidad de abertura/cierre del recipiente de flujo 53 proporcionada en el extremo aguas abajo del recipiente de flujo 54 que aloja el resto de los materiales de base se cierra para empezar a hacer circular agua de nuevo, y se mide una cantidad de biopelícula sobre una superficie del material de base tomado. Por ejemplo, aproximadamente 30 trozos de anillos de Teflon (marca registrada) mostrados en Fig. 3 se alojan en el recipiente de flujo 54 apilados como material de base de formación de biopelícula 55, y el agua que va a evaluarse circula sobre una periferia externa y una periferia interna de los anillos. La barra de acero inoxidable 57 provista de un gancho de anilla en un extremo de la misma se inserta en los anillos, y la barra se empuja hasta sacar un número requerido de los anillos (2 a 3 trozos en general) con pinzas, de manera que se mide una cantidad de biopelícula sobre la superficie interna y la superficie externa de la columna cilíndrica.

En el caso de la presente invención, es decir, si se usa la membrana de ósmosis inversa como el material de base de formación de biopelícula, un trozo de membrana de ósmosis inversa rectangular está enrollado de tal manera que una superficie de capa de función de separación (en el lado del agua bruta en la filtración) sirve de lado interno, y el trozo de membrana de ósmosis inversa enrollada se empuja en el recipiente de flujo 54 a lo largo de una pared interna del recipiente de flujo 54 para ser alojado en el recipiente de flujo 54 como se muestra en la Fig. 5. Como se usa en el presente documento, el lado interno significa la parte sobre la que circula el agua de evaluación dentro del recipiente de flujo 54. El trozo de membrana de ósmosis inversa enrollada se empuja en el recipiente de flujo 54 a lo largo de la pared interna para permitir que circule el agua de evaluación sobre la superficie de capa de función de separación. En la evaluación, un extremo superior se pellizca con pinzas para levantar y cortar una cierta cantidad de la membrana de ósmosis inversa, y el resto de la membrana de ósmosis inversa se aloja de nuevo en el recipiente de flujo 54 para empezar el flujo de agua de nuevo. En el caso de uso de un recipiente de flujo transparente de policarbonato como recipiente de flujo 54 y que aloja la membrana de ósmosis inversa en el recipiente de flujo, puede añadirse cascarilla a lo largo de la dirección axial del recipiente de flujo en vista de la conveniencia de ajustar un área que va a cortarse en cada medición.

Como método de evaluación para una cantidad de una biopelícula formada bajo un agua en circulación que contiene una pequeña cantidad de sustancias orgánicas, tal como un agua de mar suministrada al proceso de membrana de ósmosis inversa, se ha propuesto un método de evaluación de la velocidad de formación de bioincrustación (método BFR) usando un dispositivo de evaluación similar con el fin de evaluación de la calidad del agua de agua potable (Documento no de patente: Dick Van Der Kooij, et al.; Water Research; Vol. 29; No. 7; páginas 1655 a 1662 (1995)). En el método BFR, una columna de vidrio se inserta en anillos de Teflon o anillos de vidrio que se apilan a lo largo de una dirección vertical, y se suministra agua de evaluación para evaluar periódicamente una biopelícula formada sobre la superficie del anillo. En la evaluación de la cantidad de biopelícula, el anillo se sumerge en un tubo circular que contiene 10 ml de agua, seguido de sónico, y se mide una cantidad dispersada de biopelícula cuantificando una cantidad de ATP de la dispersión.

En el campo de la evaluación de la calidad del agua, el Teflon y el vidrio se han considerado materiales adecuados para el material del material de base para la medición de la cantidad de biopelícula, ya que están menos sujetos a la elución de sustancias orgánicas que son cebo para bacterias y la liberación de sustancias que inhiben la proliferación de bacterias. Sin embargo, como resultado de investigación comparativa, se ha detectado que se logran la mayor fiabilidad y evaluación altamente sensible usando una membrana idéntica a la usada para el módulo de membrana de ósmosis inversa en la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa para la monitorización de la superficie de membrana en una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa. Más específicamente, en el caso de uso de una membrana que es la misma que la membrana del módulo de membrana de ósmosis inversa, es posible acortar el tiempo requerido para la formación de biopelícula inicial en comparación con los casos de uso de Teflon y vidrio, y se ha encontrado que el uso de la membrana de ósmosis inversa es

preferible para detección temprana. Por tanto, en pruebas que usan el mismo agua de suministro, las velocidades de aumento después de la formación de biopelícula en los casos de uso de la membrana de ósmosis inversa, Teflon (marca registrada) y vidrio fueron idénticas entre sí, y se ha confirmado que la elución de sustancias orgánicas de la membrana de ósmosis inversa no afecta adversamente la evaluación.

5 A continuación se describe un ejemplo de comparación entre un caso de uso de Teflon como material de base de formación de biopelícula y un caso de uso de una membrana de ósmosis inversa para el material de base de formación de biopelícula en el método de medición de ATP que es el más adecuado para la evaluación de cantidad de biopelícula como se describe después en esta memoria descriptiva. En un cierto experimento en planta, las  
10 velocidades de aumento en la formación de cantidad de biopelícula se midieron usando anillos de Teflon (marca registrada) y una membrana de ósmosis inversa que se alojan simultáneamente en un recipiente de flujo. Se sacó uno de los anillos de Teflon (marca registrada) con pinzas empujando un acero inoxidable con un gancho de anilla, y se sacó un extremo de la membrana de ósmosis inversa con pinzas para cortar por el tamaño de aproximadamente  
15 40 a 45 mm x 80 a 90 mm. En el caso del anillo de Teflon (marca registrada), la incrustación superficial de aproximadamente 15 cm<sup>2</sup> que se recogió de la superficie externa y la superficie interna, excluyendo las secciones superior e inferior, se eliminó del anillo usando un hisopo esterilizado. En el caso de la membrana de ósmosis inversa, la incrustación superficial de aproximadamente 15 cm<sup>2</sup> que se recogió de la mitad de la superficie de la membrana en el lado de flujo del agua después del corte se eliminó usando un hisopo esterilizado. Cada una de las incrustaciones se suspendió en 3 ml de agua destilada (Otsuka Pharmaceutical Co., Ltd.; uso para inyección; 20 ml/muestra) para ser recogida por último lugar. Se midió una cantidad de biopelícula de cada uno de los líquidos recogidos del anillo y la membrana de ósmosis inversa. Por tanto, se recogió una biopelícula del resto del anillo y la otra mitad de la membrana de ósmosis inversa del mismo modo usando un hisopo que va a suspenderse en el agua destilada, y entonces se midió un montaje de biopelícula de cada uno de los líquidos recogidos. Se calculó un valor promedio de la cantidad de biopelícula de cada uno del líquido recogido del anillo y de la membrana de ósmosis  
25 inversa.

Las cantidades de biopelícula de los líquidos recogidos se desplazaron por debajo del límite de detección en una etapa temprana de la medición, pero la cantidad de biopelícula de la membrana de ósmosis inversa empezó a aumentar a una velocidad de aproximadamente 3,5 pg/cm<sup>2</sup>/día desde el día 35 de funcionamiento. La cantidad de biopelícula del anillo de Teflon (marca registrada) empezó a aumentar desde el día 47 de funcionamiento, que fue después que la membrana de ósmosis inversa. Una velocidad de aumento fue aproximadamente 3,5 pg/cm<sup>2</sup>/día, que fue la misma que el caso de uso de la membrana de ósmosis inversa como material. Como resultado del mismo experimento realizado en otra planta para tratar agua que tiene calidad que es un poco peor, las velocidades de formación de biopelícula y las cantidades de biopelícula se desplazaron un grado idéntico independientemente del material, y la cantidad de biopelícula de la membrana de ósmosis inversa empezó a aumentar a 50 pg/cm<sup>2</sup>/día desde el día 7 de funcionamiento para alcanzar 1.500 a 1.750 pg/cm<sup>2</sup> en el día 42 de funcionamiento. Como estudio separado del mismo modo que en la descripción del Documento no de patente anterior, se confirmó que los resultados obtenidos usando vidrio y Teflon (marca registrada) como materiales para la formación de biopelícula no se diferenciaron entre sí. De los resultados anteriores se encontró que la membrana de ósmosis inversa es más útil  
30 para la monitorización de la superficie de la membrana en la planta de filtración con membrana de ósmosis inversa que el vidrio y el Teflon (marca registrada), ya que la membrana de ósmosis inversa tiene una sensibilidad superior, permite obtener resultado de evaluación más rápidamente, y permite acortar el tiempo de medición. Por tanto, entre los materiales de base que proporcionan la superficie para la medición de cantidad de biopelícula, se prefiere la membrana de ósmosis inversa que se usa para el proceso de filtración con membrana de ósmosis inversa, ya que la membrana de ósmosis inversa permite un control de retroalimentación más rápido de las condiciones de funcionamiento.

Aunque la descripción anterior se basa en la evaluación de los resultados de los experimentos de la calidad del agua, el uso de la membrana de ósmosis inversa como material de base de formación de biopelícula se considera preferible en vista de los siguientes resultados. Sobre la superficie de la membrana de ósmosis inversa, propiedades físicas tales como un cambio de potencial eléctrico superficial que depende de diversos entornos químicos de la solución, tales como una concentración de sales en el agua de suministro de la membrana de ósmosis inversa, pH, tratamiento en unidad de pre-tratamiento, tipos y concentraciones de productos químicos añadidos aguas arriba del módulo de membrana de ósmosis inversa en la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa, y similares, y respuestas a los cambios medioambientales de la membrana de ósmosis inversa, tienen fidelidad en comparación con los casos de uso de otros materiales. Por ejemplo, en el caso de uso de un producto químico ácido (pH 3) en una planta de filtración con membrana que usa una membrana de ósmosis inversa de poliamida, como la membrana de ósmosis inversa de poliamida tiene ácidos carboxílicos y aminas en grupos funcionales, todos los ácidos carboxílicos pierden sus cargas eléctricas, mientras que todas las aminas se convierten en iones amonio, es decir, obtienen carga eléctrica positiva, a pH 3, de manera que la membrana de ósmosis inversa de poliamida se carga positivamente en conjunto. En el caso de uso de un producto químico alcalino (pH 10), la membrana de ósmosis inversa de poliamida se carga negativamente en conjunto. En el caso de uso de vidrio o Teflon (marca registrada) como material, debido a la ausencia de un grupo funcional que sea capaz de experimentar disociación sobre la superficie, el potencial eléctrico superficial cambia difícilmente con el cambio en el pH. Tales características han influido sobre un proceso de deposición de células a la película en una etapa temprana de la formación de biopelícula, deposición/desprendimiento de biopelícula cuando se usa bactericida, propiedad de recuperación  
50  
55  
60  
65

después de la limpieza, y similares. Usando la membrana de ósmosis inversa que se usa en el proceso de filtración con membrana de ósmosis inversa como material para el material de base de formación de biopelícula, es posible reproducir un estado de la superficie de la membrana del módulo de membrana de ósmosis inversa, tal como características que incluyen las micro-irregularidades, además de las características químicas superficiales anteriormente descritas, y, por tanto, la membrana de ósmosis inversa tiene la ventaja de mayor fiabilidad que el material para monitorizar el estado del módulo de membrana de ósmosis inversa que los otros materiales. Como las membranas de ósmosis inversa varían en composición, características superficiales y sensibilidad, tal como el potencial eléctrico superficial con respecto al pH dependiendo del tipo, es preferible usar la membrana de ósmosis inversa cuyo tipo sea el mismo que el usado en la planta. Por ejemplo, en la planta que usa la membrana de ósmosis inversa de baja propiedad de incrustación, es preferible usar la membrana de ósmosis inversa de baja propiedad de incrustación como material de base de formación de biopelícula.

En el caso de uso de la membrana de ósmosis inversa, se logran las siguientes ventajas, además de los efectos de la rápida medición, sensibilidad mejorada y fiabilidad potenciada. Como la membrana de ósmosis inversa es blanda, es posible alojar la membrana de ósmosis inversa en recipientes de flujo de diversos tamaños y formas. Particularmente, la membrana de ósmosis inversa facilita tratar con condiciones restrictivas de recipientes de flujo tales como una cantidad del flujo de agua al recipiente de flujo y disponibilidad en el sitio. Además, (1) es posible enrollar la membrana de ósmosis inversa cuando se aloja la membrana de ósmosis inversa en el caso de uso de la columna, que es adecuado desde el punto de vista de flujo de agua uniforme y universalidad. Como la membrana de ósmosis inversa tiene resiliencia, es posible alojar la membrana de ósmosis inversa en la columna con una resistencia satisfactoria sin usar ninguna herramienta de fijación que mantenga una superficie funcional como lado interno. Como es posible fijar la membrana de ósmosis inversa sorprendentemente convenientemente, la seguridad se garantiza en comparación con el caso de uso de un clip y un agente adhesivo que se someten a desprendimiento debido a óxido y deterioro. (2) Después de cortar una parte del material de base extraído con pinzas o similares, es posible realizar la medición después de devolver el resto del material de base. Es posible ajustar un área del material de base para ser evaluado dependiendo de un grado de la biopelícula y similares. (3) Es posible evaluar una propiedad de filtración y similares sacando la membrana de ósmosis inversa cortando. Las ventajas de (1) a (3) y similares se añaden usando la membrana de ósmosis inversa.

En el caso de alojar la membrana de ósmosis inversa en la columna, la membrana de ósmosis inversa está enrollada de tal manera que se permita que el agua de evaluación circule sobre la superficie de la capa de función de separación (en el lado de agua bruta durante la filtración) y se empuje en el recipiente de flujo a lo largo de la pared interna del recipiente de flujo. Un área para el alojamiento en el caso de uso de un recipiente de flujo cilíndrico que tiene un diámetro interno de  $D$  y una altura de  $H$  es preferentemente el tamaño más pequeño que el tamaño de una circunferencia de un círculo que tiene el diámetro interno  $D$  x una altura igual o inferior a  $H$  en vista de reducir una parte sin uso, aunque puede tolerarse un poco de solapamiento.

Una frecuencia para la medición de la cantidad de biopelícula puede decidirse dependiendo de la situación, y la medición puede llevarse a cabo cada día o una vez a la semana. Un intervalo puede ser irregular o regular. Como el agua de suministro del módulo de la membrana de ósmosis inversa y el agua no permeada son aguas que se han sometido al pre-tratamiento, sorprendentemente puede producirse alta velocidad de formación de biopelícula cuando difícilmente o nunca se producirá haciendo circular aguas negras inmediatamente después del biotratamiento o haciendo circular un agua de río contaminada. Por tanto, cuando la frecuencia de medición se hace más corta de un día, no es tan eficaz, ya que la información no aumenta para el empleo del elevado trabajo. Obsérvese que esto no se aplica cuando un efecto de la esterilización o un agente de limpieza se evalúan en un corto tiempo antes y después de la acción, y tal evaluación puede llevarse a cabo en el intervalo más corto de un día. A su vez, como la eficacia de la monitorización se degrada cuando la frecuencia de medición es demasiado larga, es necesario realizar la medición al menos una vez cada seis meses, y la medición se lleva a cabo más preferentemente una vez al mes o más, todavía más preferentemente una vez a la semana o más.

La biopelícula contiene bacterias que desarrollan actividad vital, bacterias inactivadas, productos del metabolismo de las mismas tales como polisacáridos y proteínas, vainas de las mismas, y moléculas tales como ácidos nucleicos. Por tanto, se consideran diversos métodos como método para la cuantificación de biopelícula, y es posible cuantificar la biopelícula a modo de una proteína, un azúcar, un ácido nucleico, número total de células de bacteria, ATP, o similares. Entre estos, el método de medición de ATP es particularmente preferido, ya que es excelente en sensibilidad, conveniencia y rapidez, y ya que están comercialmente disponibles kits portátiles, reactivos y similares para la medición de ATP.

Como se requiere un dispositivo tal como un absorciómetro o un analizador de fluorescencia y se usa un reactivo fuertemente alcalino, fuertemente ácido, o mutagénico, para la cuantificación de la proteína, azúcar y ácido nucleico, tal cuantificación es difícilmente un método que pueda llevarse a cabo convenientemente y rápidamente *in situ*. Por tanto, se conoce un método de cultivo en agar en el que una biopelícula formada se suspende en un líquido, y el líquido de suspensión se usa para contar bacterias cultivadas como colonias. Sin embargo, como solo las bacterias cultivadas se cuentan en el método de cultivo en agar, el método tiene el problema de no ser capaz de evaluar un número total de organismos contenidos en la biopelícula. Como resultado del análisis de sistemas de bacterias medioambientales basados en información genética biológica molecular, hay un informe de que una correlatividad

entre el resultado del recuento de colonias y la cantidad de biopelícula es bajo o nulo por motivos tales como una baja proporción de bacterias que pueden separarse y cultivarse por el método de cultivo en agar en las bacterias contenidas en la biopelícula. Por tanto, el método de cultivo en agar tiene los problemas de que el método requiere muchos dispositivos y equipo para evaluar la biopelícula, y que el cultivo requiere días, que hace difícil realizar rápidamente la evaluación. Puede considerarse un método de recuento del número de células directamente usando un microscopio, pero es difícil dispersar las bacterias en una biopelícula, y el propio recuento es un trabajo sorprendentemente pesado.

En el método de medición de ATP, el ATP (adenosina-5'-trifosfato) producido por todos los organismos como sustancia de energía para la actividad vital se extrae de células bacterianas, y se hace que el ATP extraído emita luz usando luciferasa, que es una enzima luminosa de una luciérnaga para medir luminosidad de la luminosidad (URL: unidad relativa de luz). Como la luminosidad es proporcional a la cantidad de ATP, es posible evaluar la cantidad de bacterias mediante la medición de la luminosidad. La reacción avanza en presencia de ATP, que sirve de base, luciferina, oxígeno, luciferasa y la coenzima iones magnesio para generar la luz. Un tiempo de medición es corto, concretamente varios minutos, y están comercialmente disponibles kits de reactivos de medición. Por tanto, están comercialmente disponibles luminómetros que tienen una alta sensibilidad de detección que permite la detección a una concentración de 1 pg/cm<sup>2</sup> y son excelentes en movilidad por ser portátiles. Como el ATP es una sustancia relacionada con la actividad vital, es posible evaluar determinadamente si la incrustación y la formación de película tienen o no una relación causal con la formación de biopelícula, es decir, si la incrustación y la formación de película se basan o no en la actividad de las bacterias. El método de medición de ATP permite una evaluación altamente sensible, conveniente y rápida en el sitio del problema de formación de biopelícula y no requiere experimentos en un laboratorio. Por tanto, el método de medición de ATP se reduce en margen de error tal como aquel que acompaña al cultivo en el método de cultivo en agar, permitiendo así la evaluación de una cantidad de biopelícula altamente fiable (patente japonesa N.º 3252921).

Un método de recuperación y dispensación de ATP contenido en una biopelícula sobre una superficie de material de base no está particularmente limitado, mientras que el método sea un método cuantitativo que permita una alta tasa de recuperación, y es preferible seleccionar un método eficaz. Un método de añadir un reactivo de extracción de ATP a un líquido obtenido sumergiendo un material de base tal como un anillo de Teflon (marca registrada) recogido o anillo de vidrio en agua pura y luego dispersar el trozo de biopelícula en el agua pura por fracturación ultrasónica, pero se ha encontrado que una eficiencia de extracción obtenida por la fracturación ultrasónica no es satisfactoria y se degrada adicionalmente en el caso de uso de la membrana de ósmosis inversa que es óptima como superficie de formación de biopelícula. Por consiguiente, se ha encontrado que un método en el que una biopelícula depositada sobre un material de base sacado se recoge usando una herramienta de limpieza, y a continuación la herramienta de limpieza se sumerge en un agua pura para dispersar el trozo de biopelícula unido a la herramienta de limpieza, es más preferible como método de recuperación, que es capaz de desprender de forma fiable la biopelícula que se ha unido firmemente al material y permite la medición sin influir sobre una tasa de supervivencia de las bacterias. Bajo condiciones de fracturación ultrasónica que son menos influyentes sobre la reducción de la tasa de supervivencia, la eficiencia de recogida de biopelícula es baja en diversos equipos de la planta, y se recoge una cantidad considerable de la biopelícula usando una herramienta de limpieza de una superficie que se ha sometido a la fracturación ultrasónica en muchos casos.

Como herramienta de limpieza, un hisopo es particularmente preferido por motivos tales como que el hisopo permite realizar un análisis a pequeña escala, además de sentir un grado de recogida de biopelícula a mano, y el hisopo es utilizable para dispersar la biopelícula y mezclar el líquido, además de la recogida de biopelícula, y están comercialmente disponibles hisopos limpios libres de ATP. En el caso del método de limpieza, no es necesario usar un gran equipo en el sitio de la planta de filtración con membrana de ósmosis inversa tal como una planta de desalinización de agua de mar, y no se requiere salida eléctrica. Por tanto, el método tiene la ventaja de hacer posible realizar fácilmente un funcionamiento de concentración que se requiere para una medición de alta sensibilidad ajustando una cantidad de un líquido usado para la suspensión con respecto a un área que va a limpiarse.

En una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa se recogieron tres anillos de Teflon (marca registrada) (diámetro externo 18 mm, diámetro interno: 14 mm, altura: 15 mm) usando pinzas de un recipiente de flujo después de 2 semanas desde el inicio del flujo de agua, y se compararon entre sí la fracturación ultrasónica y el método de la presente invención empleando limpieza con hisopo. En la medición empleando fracturación ultrasónica, uno de los anillos de Teflon (marca registrada) se sumergió perfectamente en 10 ml de un agua pura y se sometió a tratamiento ultrasónico a 39 kHz durante 2 a 10 minutos, preparando así un líquido de suspensión de biopelícula. En el método de la presente invención que realiza la limpieza con un hisopo, un área de aproximadamente 17 cm<sup>2</sup> de otro de los anillos de Teflon (marca registrada) que incluye una superficie externa y una superficie interna y que excluye las secciones superior e inferior se limpió usando un hisopo esterilizado, y se recogió una biopelícula que estaba suspensa en 10 µl de un agua pura. Usando 100 ml de cada una de los líquidos de suspensión de biopelícula obtenidos por los métodos de recogida/fracturación de biopelícula, se midió una cantidad de deposición de ATP sobre el interior del anillo y las superficies externas por la medición de ATP descrita después en esta memoria descriptiva. La luminosidad detectada con la fracturación ultrasónica fue 100 URL o menos independientemente del tiempo de tratamiento, que dificultó la cuantificación. La luminosidad detectada con el método de limpieza con hisopo

5 fue aproximadamente 890 URL, que permitió la medición y cuantificación. Por tanto, se limpió un área de aproximadamente 17 cm<sup>2</sup> del anillo de Teflon (marca registrada) restante usando un hisopo esterilizado, y la biopelícula se suspendió en 1 ml de un agua pura para realizar la misma medición. La URL detectada por este método fue 8.500, que demostró que es posible realizar medición altamente sensible reduciendo la cantidad de líquido.

10 Aunque la medición de ATP del líquido de suspensión no está particularmente limitada, un kit de reactivos comercialmente disponible se usa preferentemente por facilidad en la preparación. Por tanto, se requiere un luminómetro para la medición de luminosidad, y luminómetros que son móviles por ser compactos y cargados con batería y que no requieren ninguna salida eléctrica y provistos de un detector de alta sensibilidad que tiene función similar como tipo estacionario están comercialmente disponibles y son recomendables. Ejemplos del kit que incluye todos los reactivos requeridos para la medición incluyen CheckLite (marca registrada) 250 Plus (Cord 60312; producto de Kikkoman Corp.), y ejemplos del espectrómetro móvil incluyen Lumitester (marca registrada) C-100 (Cord 60907; producto de Kikkoman Corp.). El kit de reactivos incluye un reactivo de luminosidad que contiene luciferasa (enzima luminosa), un solución de reactivo de luminosidad que contiene una solución de tampón de ácido fosfórico, un reactivo que contiene un tensioactivo para extraer ATP de células, y similares.

20 Por tanto, para dividir el reactivo, puede usarse cualquier herramienta, mientras que la herramienta permita la cuantificación precisa y correcta de una pequeña cantidad de líquido, y ejemplos de la misma incluyen Pippetman (marca registrada; producto de Gilson, para 1000 µl y 200 µl) y similares. Las herramientas que van a usarse para manipular las muestras y reactivos se esterilizan con el fin de prevenir la contaminación por ATP de las sustancias distintas de las muestras. Un chip usado para Pippetman (marca registrada) se esteriliza en un autoclave con antelación (121 °C durante 15 minutos).

25 El agua pura usada para dispensar la biopelícula está preferentemente libre de ATP (10 ng/l o menos), tal como agua destilada, agua purificada de membrana de ósmosis inversa inmediatamente después de la purificación, agua de intercambio iónico inmediatamente después de purificación, agua ultra-pura comercialmente disponible y similares, ya que tal agua pura reduce los errores en la medición debido a impurezas. El agua destilada desechable comercialmente disponible se usa preferentemente en vista de su conveniencia. Por tanto, puede usarse agua de grifo, mientras que se esterilice en un autoclave.

30 Puede usarse cualquier recipiente, tal como un tubo para contener las muestras, mientras que el recipiente esté limpio y no esté contaminado con ATP, y pueden usarse ambos de un recipiente esterilizado y de un recipiente no esterilizado después de un tratamiento en autoclave. Por tanto, para Lumitester (marca registrada) C-100 está comercialmente disponible Lumitube (marca registrada) (producto de Kikkoman Corp., durante 3 ml) que es una celda libre de ATP usada para la cuantificación de luminosidad, y la celda puede usarse para toda la cuantificación de luminosidad. Un chip, un tubo, y recipientes una vez usados, se desechan preferentemente, pero pueden reutilizarse después de la limpieza y esterilización.

40 Se obtiene un líquido de suspensión sumergiendo un hisopo usado para el barrido de una biopelícula depositada sobre una membrana de ósmosis inversa en agua pura dispensada a un tubo de medición durante 1 a 2 segundos, seguido de agitación. Esta funcionamiento puede llevarse a cabo una vez, pero, con el fin de dispersar y suspender la biopelícula limpiada en la medida de lo posible del hisopo con el fin de obtener un valor preciso, es preferible sumergir y dispersar el hisopo que se ha dispersado y suspendido en el primer líquido en otro líquido y repetir la funcionamiento durante varias veces, ya que los valores así obtenidos son correctos y los propios valores se estabilizan. Aunque depende de un área que va a limpiarse con el hisopo y una cantidad de líquido, en el caso de limpiar un área de aproximadamente 15 cm<sup>2</sup> con un hisopo y dispersar en 1 ml de agua, los valores obtenidos se estabilizan por tres operaciones, y un valor obtenido realizando la funcionamiento una vez es aproximadamente la mitad del obtenido por las tres operaciones.

50 La medición de luminosidad para el líquido de suspensión preparado no está particularmente limitada, mientras que la medición se lleve a cabo con exactitud, y, cuando se usa un kit, la medición puede llevarse a cabo según instrucciones del fabricante del kit. Por ejemplo, si se usa CheckLite (marca registrada) 250 Plus y Lumitester (marca registrada) C-100, se dispensan 100 µl del líquido de suspensión en cada uno de los tubos de medición, y se añaden 100 µl del reactivo luminoso a cada uno de los tubos de medición en un momento preciso de 20 segundos después de la dispensación del líquido de suspensión, seguido de medición de luminosidad usando Lumitester (marca registrada) C-100 (producto de Kikkoman Corp.). Con antelación a la medición, la luminosidad detectada usando un líquido que tiene una concentración de ATP conocida se evalúa para obtener una expresión de correlación entre la concentración de ATP y la luminosidad. Alternativamente, pueden usarse los datos de la expresión de correlación proporcionados por la fabricación. Después de la detección de la luminosidad del líquido de suspensión de biopelícula, la luminosidad se convierte en una cantidad de ATP usando la expresión de correlación. Se calcula una cantidad de ATP (pg/cm<sup>2</sup>) por unidad área sobre la superficie limpiada usando el área de la superficie de formación de biopelícula recogida, el volumen del líquido del agua destilada suspensa, y la cantidad de ATP convertida. En el caso en el que las muestras se diluyeran, también debe considerarse la relación de dilución.

65 Aunque el método de evaluación empleando medición de ATP es un método excelente, el método tiene el problema

de que la luciferasa, que es la enzima usada para la medición, se inhibe enormemente por una sal para deteriorar la sensibilidad de detección en presencia de una traza de iones cloruro. Las relaciones relativas de la luminosidad a una concentración de sales del 1 %, 0,5 % y 0,1 % con respecto al caso de no contener ión cloruro son de aproximadamente el 30 %, aproximadamente el 50 % y aproximadamente el 85 %. Por tanto, un líquido obtenido suspendiendo una biopelícula formada bajo un flujo de agua de mar en agua desalinizada está influido por la inhibición, y es necesario eliminar la influencia de la inhibición de sal para la precisa evaluación independientemente de una etapa de proceso o un punto en una planta.

Puede considerarse un método de reducir la concentración de sales por filtración del líquido de suspensión de biopelícula para la eliminación de bacterias y luego suspender de nuevo el líquido de suspensión de biopelícula filtrado en agua pura que no contiene sal. Sin embargo, como el método de filtración requiere un equipo de filtración y la etapa de suspender la biopelícula de nuevo después de la filtración, la preparación y la funcionamiento de medición son complicadas y requieren tiempo. El método de filtración tiene el problema de que las bacterias y el ATP pueden quedar sobre la película después de la filtración dependiendo del tipo de biopelícula, y la influencia ejercida por este problema es no deseable en el caso en el que la cantidad de biopelícula sea pequeña. Como otro método se ha propuesto un método de referencia interno en el que se añade una solución de ATP conocida a una muestra para detectar la luminosidad en un estado inhibido, y luego se convierte la concentración de ATP de la muestra en una concentración de ATP sin inhibición. Sin embargo, en el caso de medir muestras que se obtienen en diferentes puntos y se diferencian en la concentración de sales, tal como un caso en un proceso en una planta de desalinización de agua de mar, con el método anterior, como se requiere una muestra a la que se añade una solución de ATP conocida bajo el estado inhibido para cada una de las muestras, el número total de muestras de medición es elevado (al menos duplicado), complicando así la medición y requiriendo tiempo.

Como resultado de una amplia investigación, se ha encontrado que, basándose en una expresión de correlación referente a la influencia que va a ejercerse sobre la luminosidad por una concentración de sales, que se obtiene por adelantado de medición y midiendo una concentración de sales de un líquido de suspensión de biopelícula usando un medidor de electroconductividad, es posible corregir rápidamente y convenientemente una concentración de ATP verdadera de la que se elimina la influencia de la inhibición de sales. El método de medición de la electroconductividad incluye un tipo goteo de sensor y un tipo sensor plano en el que el líquido se añade gota a gota, y el tipo sensor plano se usa preferentemente en el caso en el que la cantidad de líquido de suspensión de la biopelícula sea pequeña en una medición usando una pequeña cantidad de líquido, ya que es posible realizar la medición añadiendo gota a gota una cantidad muy pequeña de la muestra con el tipo sensor plano. Ejemplos de un dispositivo que va a usarse para el tipo sensor plano para añadir gota a gota un líquido incluyen Twin Cond EG-173 (producto de HORIBA, Co., Ltd.) que tiene una batería incorporada y similares. La expresión de correlación entre una concentración de sales y la electroconductividad se obtiene basándose en la electroconductividad (mS/cm) que se detecta colocando aproximadamente 200 a 250  $\mu$ l de agua de mar artificial o una solución de sal de una concentración conocida sobre el sensor plano durante algunos minutos. La electroconductividad del líquido de suspensión de biopelícula se detecta del mismo modo que calculando una concentración de sales basándose en la electroconductividad (mS/cm), y entonces es posible evaluar una concentración de ATP precisa del líquido de suspensión del que la influencia por la inhibición de sal se elimina por la expresión de correlación de la inhibición ejercida por la concentración de sales sobre la luminosidad.

En el caso de evaluar una cantidad de biopelícula bajo un flujo de agua bruta que contiene una sal como en el caso de evaluar biopelículas empleando el mejor modo anteriormente descrito del método de evaluación de biopelícula, en el que (1) cada una de las biopelículas se desprende y se recoge de un material de formación de biopelícula por barrido usando un hisopo o similares, (2) el hisopo se sumerge y se dispensa en una pequeña cantidad de agua desalinizada para permitir una medición de alta cantidad de URL, (3) una cantidad de biopelícula del líquido de dispersión se evalúa por la medición de ATP usando un luminómetro portátil, y (4) evaluar las biopelículas formadas durante procesos en una planta de desalinización de agua de mar, es posible para medir convenientemente y rápidamente las cantidades de biopelícula en el sitio con el uso de una pequeña cantidad de una muestra y una pequeña cantidad de un reactivo y un material de base y sin usar ninguna salida eléctrica para emplear el método que cumpla todos los requisitos para la corrección de la influencia de la inhibición de la concentración de sales usando el dispositivo de medición de electroconductividad tipo sensor plano de goteo líquido.

Como resultado de la medición de cantidades de biopelícula sobre superficies de tres membranas de ósmosis inversa de un módulo de membrana de ósmosis inversa en el que se ha producido bioincrustación, las cantidades de ATP por unidad área fueron aproximadamente 1.000 a 2.000  $\text{pg}/\text{cm}^2$ . Se confirmó un aumento en la pérdida de presión en la planta cuando una cantidad de una biopelícula formada bajo flujo del agua de suministro de la membrana de ósmosis inversa y después de poner en práctica la presente invención supera 1.500  $\text{pg}/\text{cm}^2$ .

Como resultado de la medición de cantidades de biopelícula sobre superficies de 5 membranas de ósmosis inversa de muestra de un módulo de membrana de ósmosis inversa con la que una pérdida de presión se desplazó establemente durante un cierto periodo de tiempo más largo de tres meses de funcionamiento, cada una de las cantidades de ATP fue 200  $\text{pg}/\text{cm}^2$  o menos. Una pérdida de presión de una planta en la que una cantidad de monitorización de superficie de película se controló a 200  $\text{pg}/\text{cm}^2$  o menos se desplazó establemente. De los hallazgos anteriores, los inventores han alcanzado la guía de que la cantidad de ATP se gestiona para ser 200

pg/cm<sup>2</sup> o menos en el caso en el que una biopelícula se mida mediante el método de medición de ATP. En el caso en el que la cantidad de ATP supere temporalmente 200 pg/cm<sup>2</sup> durante uno o dos días en una semana, se considera que se logra un efecto similar controlando el método de funcionamiento de la planta de tal manera que la cantidad de ATP por unidad área del material de base de formación de biopelícula 55 se mantenga a 200 pg/cm<sup>2</sup> o menos durante cinco días o más en una semana, y esta guía puede usarse basándose en este concepto.

En lo sucesivo se describe un ejemplo de un método de retroalimentación del resultado de la evaluación a una funcionamiento de la planta de filtración con membrana de ósmosis inversa, pero el método no se limita a éste. El método de retroalimentación es un método de corregir apropiadamente un método de funcionamiento de una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa que incluye cambiar las condiciones de funcionamiento de una unidad de pre-tratamiento antes de la aparición de una pérdida de presión o una reducción de agua permeada y cambiar la esterilización en la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa y una tasa de recuperación del módulo de membrana de ósmosis inversa proporcionando un dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula en una unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa y monitorizar cuantitativamente una cantidad de bacterias sobre una superficie de la membrana del módulo de membrana de ósmosis inversa durante la desalinización. Por tanto, otro método de retroalimentación es la limpieza química del módulo de membrana de ósmosis inversa usando un agente de limpieza, que se lleva a cabo después de detener la funcionamiento de filtración de una parte o todos los módulos de membrana de ósmosis inversa en respuesta al resultado de la monitorización.

Se describe un ejemplo específico en el caso de controlar condiciones de esterilización de la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa basándose en el resultado de la evaluación. Durante la desalinización en una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa se representan los resultados de cantidades de biopelícula detectadas por el dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula. En el caso en el que las cantidades de biopelícula aumenten y se aproximen a la cantidad de ATP de 200 pg/cm<sup>2</sup> que es el estándar de gestión o en el caso en el que la cantidad de ATP ya haya superado 200 pg/cm<sup>2</sup>, se cambia la intensidad de las condiciones para la esterilización actualmente llevada a cabo, ya que se considera que un efecto de supresión de formación de biopelícula por las condiciones de esterilización actualmente empleadas en la planta es débil. Ejemplos de un método para cambiar la intensidad de esterilización incluyen un cambio en la frecuencia de la adición de bactericida, un cambio en un periodo de esterilización, un cambio en la concentración de bactericida que va a añadirse, un cambio en el tipo de bactericida, y similares, y estos cambios pueden llevarse a cabo solos o en combinación de los mismos. En el caso en el que la cantidad de ATP sea considerablemente baja en comparación con 200 pg/cm<sup>2</sup> que es el estándar de gestión, concretamente 20 pg/cm<sup>2</sup> o menos, la intensidad de las condiciones de esterilización puede debilitarse o la adición de bactericida puede detenerse temporalmente, ya que se considera que las condiciones de esterilización son demasiado intensas para desperdiciar el bactericida cuando la cantidad de ATP es considerablemente baja.

En el caso de cambiar el bactericida y el método de esterilización, los resultados obtenidos antes y después de los cambios en el bactericida y el método de esterilización se comparan entre sí para juzgar los efectos en el caso en el que se usa un dispositivo de evaluación. En el caso en el que se proporcionen múltiples dispositivos de evaluación y las condiciones de esterilización se comparen y evalúen independientemente y simultáneamente, es posible obtener una guía de funcionamiento más rápidamente, y este método es particularmente adecuado para poner en marcha una funcionamiento de planta.

La medición de la cantidad de biopelícula y el cambio de las condiciones de esterilización llevado a cabo en respuesta a los resultados de medición pueden realizarse manualmente o automáticamente.

El control de las condiciones de limpieza de la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa basado en el resultado de la evaluación se lleva a cabo del mismo modo que en el control de las condiciones de esterilización anteriormente descritas. Otros ejemplos de un método de control del método de funcionamiento de una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa incluyen un cambio en el punto de entrada de la tubería de entrada 1 en una unidad de entrada, un cambio en las condiciones de adición de la solución de ácido hipocloroso, un cambio del dispositivo de filtración en la unidad de pre-tratamiento, un cambio en las condiciones de separación por floculación, y similares.

### Ejemplos

En lo sucesivo, la presente invención se describe específicamente basándose en, pero no se limitan a, Ejemplos y Ejemplos comparativos.

#### Ejemplo 1

En la planta P1 se usó agua de mar sometida a un tratamiento de floculación/filtración de arena como agua bruta, y se proporcionaron dos sistemas (denominados en lo sucesivo sistema A y sistema B) de dispositivos de experimento de desalinización de agua de mar cada uno de los cuales está formado de una entrada de bactericida, una bomba de alta presión, un módulo de membrana de ósmosis inversa basado en poliamida aromática reticulada que tiene un

diámetro de 4 pulgadas, y similares.

En el sistema A, un agua de evaluación que se recogió de una tubería de ramificación proporcionada en una tubería aguas abajo de la entrada de bactericida y aguas arriba de la bomba de alta presión se suministró a un dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula (dos columnas cilíndricas que tenían cada una un diámetro interno de 2,7 cm y una longitud de 60 cm, las columnas cilíndricas están conectadas en serie con una manguera) a una velocidad de flujo de 7,2 l/min usando una manguera de hoja. En el dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula, una membrana de ósmosis inversa que se usa para el módulo de membrana de ósmosis inversa se alojó como material de base, y la membrana de ósmosis inversa se cortó por 4 a 4,5 cm para un muestreo que se realiza una vez cada dos semanas para realizar una medición de ATP de una cantidad de una biopelícula sobre la membrana de ósmosis inversa.

Se añadió un bactericida X de la entrada de bactericida una vez a la semana y durante una hora para la esterilización. En el sistema B no se proporcionó dispositivo de evaluación de la biopelícula, y la esterilización se llevó a cabo del mismo modo que en el sistema A.

Se usaron el dispositivo de análisis portátil Lumitester (marca registrada) C-100 (producto de Kikkoman Corp.) y el kit de reactivos dedicado CheckLite 250 Plus (producto de Kikkoman Corp.) para la medición de ATP. Se usaron Pippetman (marca registrada) (producto de Gilson, para 1000  $\mu$ l y 200  $\mu$ l) y un chip sometido a un tratamiento en autoclave (121 °C durante 15 minutos) para dispensar la muestra y los reactivos, y Lumitube (marca registrada) (producto de Kikkoman Corp., durante 3 ml) para la medición se usó como un recipiente para dispensación y medición. El chip y el tubo se desecharon después de uso.

La medición de ATP de la cantidad de biopelícula sobre la membrana de ósmosis inversa cortada se llevó a cabo en la manera descrita más adelante. Se recogió un depósito sobre la superficie de la membrana de ósmosis inversa barriendo el depósito usando un hisopo esterilizado y entonces suspendiendo el depósito en 1 ml de agua destilada (Otsuka Pharmaceutical Co., Ltd.; uso para inyección; 20 ml/muestra). La mitad de la superficie de membrana de ósmosis inversa cortada, que fue aproximadamente 15 cm<sup>2</sup>, se barrió usando un hisopo. Después del barrido de la biopelícula con el hisopo, se dispensó 1 ml de agua destilada (Otsuka Pharmaceutical Co., Ltd.; uso para inyección; 20 ml/muestra) en cada uno de los tres tubos de medición (Lumitube (marca registrada) (producto de Kikkoman Corp., para 3 ml) con el fin de suspender en 3 grados. El hisopo usado para barrer la biopelícula se sumergió en 1 ml del agua en el primer tubo durante uno a dos minutos, seguido de agitación cuidadosa para obtener una suspensión, y a continuación el hisopo se sumergió y se agitó en el segundo y tercer tubos para preparar líquidos de suspensión de tres grados.

Después de dispensar 100  $\mu$ l de cada uno de los líquidos de suspensión preparados en otro Lumitube (marca registrada) para medición, se añadieron 100  $\mu$ l del reactivo de ATP, y, 20 segundos a partir de aquí, se añadieron 100  $\mu$ l del reactivo luminoso al mismo para medir la luminosidad usando Lumitester (marca registrada). Por tanto, se separaron aproximadamente 200  $\mu$ l de aproximadamente 900  $\mu$ l de cada uno de los líquidos de suspensión restantes de los que se habían separado 100  $\mu$ l para la medición de luminosidad, y la electroconductividad de cada uno de los líquidos de suspensión se midió usando un medidor de electroconductividad compacto Twin Cond EG-173 (producto de HORIBA, Co., Ltd.).

Después de completarse la medición, se calculó una concentración de sales a partir de la electroconductividad de cada uno de los tres grados de líquidos de suspensión, y se calculó una tasa de inhibición de la luminosidad a la concentración de sales a partir de una expresión de correlación de la inhibición de la concentración de sales y la luminosidad. A continuación, basándose en la expresión de correlación de la concentración de ATP y la luminosidad, se calculó una concentración de ATP. Las cantidades de ATP de los tres grados de líquidos de suspensión se añadieron para calcular una cantidad de ATP total en el depósito de muestra. Dividiendo la cantidad de ATP total por el área limpiada se detectó una cantidad de ATP por unidad de superficie del material de base de formación de biopelícula. La medición se llevó a cabo usando  $n = 2$ , y se calculó un valor promedio.

Durante aproximadamente un mes después del inicio del experimento, una pérdida de presión no aumentó en cada uno de los sistemas A y B, y la funcionamiento de filtración con membrana de ósmosis inversa se realizó establemente. Una concentración de ATP sobre la superficie proporcionada sobre la unidad de evaluación de biopelícula del sistema A fue aproximadamente 100 pg/cm<sup>2</sup> en cada una de las tres detecciones continuas, y la concentración de ATP empezó a aumentar rápidamente a 250 pg/cm<sup>2</sup>, 340 pg/cm<sup>2</sup> y 480 pg/cm<sup>2</sup> después de pasar 1,5 meses.

Por tanto, el bactericida X se añadió una vez al día durante una hora en el sistema A para intensificar las condiciones de esterilización. Las condiciones de esterilización en el sistema B no se cambiaron, ya que la pérdida de presión no aumentó en el sistema B.

Aproximadamente un mes después del cambio en las condiciones de esterilización del sistema A, la pérdida de presión del sistema B empezó a aumentar hasta dar por último lugar un cambio en la pérdida de presión de 0,5 MPa. Durante el aumento de la pérdida de presión, la pérdida de presión en el sistema A se desplazó constantemente y

no aumentó. La cantidad de deposición de biopelícula fue 200 pg/cm<sup>2</sup> o menos.

Ejemplo 2

5 La presente invención se puso en práctica en la planta P2, que estaba formada de una entrada de bactericida, una bomba de alta presión, un módulo de membrana de ósmosis inversa basada en poliamida aromática reticulada que tenía un diámetro de 4 pulgadas, y similares, en la que agua de mar sometida a un tratamiento de floculación/filtración por compresión-flotación y un tratamiento de filtración de arena se usó como agua bruta. Se hizo circular un agua de evaluación a 2 l/min de una tubería de ramificación proporcionada aguas abajo de la entrada de bactericida a un dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula A (una columna cilíndrica que tenía un diámetro interno de 1,4 cm y una longitud de 60 cm). El agua de evaluación también se hizo circular a 2 l/min de una tubería de ramificación proporcionada aguas arriba de la bomba de alta presión a un dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula B (una columna cilíndrica que tenía un diámetro interno de 1,4 cm y una longitud de 60 cm). En cada uno del dispositivo de evaluación de la formación de biopelículas, una membrana de ósmosis inversa se usó para el módulo de membrana de ósmosis inversa se alojó como material de base, y la membrana de ósmosis inversa se cortó a 4 a 4,5 cm para un muestreo que se realizó una vez a la semana para realizar una medición de ATP de una cantidad de una biopelícula sobre la membrana de ósmosis inversa. La medición de ATP se llevó a cabo del mismo modo que en el Ejemplo 1. Se añadió un bactericida X de la entrada de bactericida una vez a la semana y durante una hora para realizar la esterilización.

20 Como resultado de la funcionamiento durante 37 días, las cantidades de deposición de biopelícula en el dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula A proporcionado aguas arriba de la entrada de bactericida fueron 2,5 pg/cm<sup>2</sup>, 24 pg/cm<sup>2</sup>, 67 pg/cm<sup>2</sup> y 136 pg/cm<sup>2</sup>. Las cantidades de deposición de biopelícula en el dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula B proporcionado aguas abajo de la entrada de bactericida fueron 2 pg/cm<sup>2</sup>, 22 pg/cm<sup>2</sup>, 11 pg/cm<sup>2</sup> y 46 pg/cm<sup>2</sup>. En vista del hecho de que la cantidad de deposición en el dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula B se desplazó a los niveles más bajos, se confirmó que la adición del bactericida X tiene el efecto de la supresión de la deposición de biopelícula. La funcionamiento continuó adicionalmente durante aproximadamente dos meses, y una pérdida de presión del módulo de membrana se desplazó constantemente para permitir la funcionamiento estable de la planta hasta que la funcionamiento se detuvo.

Ejemplo 3

35 La presente invención se puso en práctica en la planta P3, que estaba formada de una entrada de bactericida, una bomba de alta presión, un módulo de membrana de ósmosis inversa basada en poliamida aromática reticulada que tenía un diámetro de 4 pulgadas, y similares, en la que agua de mar sometida a un tratamiento de filtración de arena se usó como agua bruta. Se hizo circular un agua de evaluación a 5,5 l/min aguas arriba de la bomba de alta presión y de una tubería de ramificación proporcionada en una tubería aguas arriba y aguas abajo de la entrada de bactericida a cada uno de un dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula A (el agua se tomó aguas arriba del punto de adición de bactericida) y un dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula B (el agua se tomó aguas abajo del punto de adición de bactericida). En cada uno de los dispositivos de evaluación de la formación de biopelícula, una columna cilíndrica que tenía un diámetro interno de 2,7 cm y una longitud de 60 cm se usó como recipiente de flujo. Se añadió un bactericida X una vez a la semana y durante 30 minutos, pero, debido a un aumento en la pérdida de presión del módulo de membrana que superó 0,2 MPa en un mes, fue necesario limpiar frecuentemente el módulo de membrana de ósmosis inversa.

50 Se usaron anillos de Teflon (marca registrada) como material de base, y dos anillos de Teflon (marca registrada) se sacaron una vez a la semana para realizar una medición de ATP de una cantidad de una biopelícula sobre las superficies de los anillos de Teflon (marca registrada).

55 Como resultado de la funcionamiento durante 50 días, las cantidades de deposición de biopelícula en el dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula A fueron 390 pg/cm<sup>2</sup>, 912 pg/cm<sup>2</sup>, 1.237 pg/cm<sup>2</sup> y 2.719 pg/cm<sup>2</sup>. Las cantidades de deposición de biopelícula en el dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula B al que el bactericida se hizo circular fueron 111 pg/cm<sup>2</sup>, 784 pg/cm<sup>2</sup>, 1.490 pg/cm<sup>2</sup> y 3.228 pg/cm<sup>2</sup>.

La frecuencia de adición de bactericida aumentó a dos veces a la semana, ya que se consideró que la intensidad del bactericida X era débil, por lo que se aumentó la velocidad de formación de biopelícula aproximadamente el 20 % en el sistema al que se añadió el bactericida X en comparación con el sistema al que no se añadió el bactericida X.

60 En vista de los resultados anteriores, se consideró que la adición del bactericida X no tuvo el efecto de la supresión de deposición de biopelícula o más probablemente desestabilizó la funcionamiento de la planta.

65 En vista del resultado, la funcionamiento se cambió de tal manera que los módulos de membrana de ósmosis inversa de la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa de la planta se limpiaran sumergiéndose en un agente de limpieza B durante la noche. Después del cambio, la cantidad de biopelícula en el dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula B en la que se llevó a cabo una misma funcionamiento que la limpieza

química se mantuvo a 200 pg/cm<sup>2</sup> o menos, y la pérdida de presión del módulo de membrana de ósmosis inversa se redujo y luego se desplazó constantemente.

Ejemplo 4

5 La presente invención se puso en práctica en la planta P4, que estaba formada de una entrada de bactericida, una bomba de alta presión, un módulo de membrana de ósmosis inversa basada en poliamida aromática reticulada que tenía un diámetro de 8 pulgadas, y similares, en la que agua de mar sometida a un tratamiento de microfiltración se usó como agua bruta. No se añadió bactericida a esta planta.

10 Se hizo circular un agua de evaluación a un dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula A a 2 l/min de una tubería de ramificación proporcionada aguas arriba de la bomba de alta presión y a un dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula B de una tubería de ramificación proporcionada sobre una línea de agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa. Como recipiente de flujo de cada uno de los dispositivos de evaluación de la formación de biopelícula A y B se usó una columna cilíndrica hecha de policarbonato y que tenía un diámetro interno de 1,4 cm y una longitud de 60 cm.

15 Una membrana de ósmosis inversa cuyo tipo es el mismo que el usado para el módulo de membrana de ósmosis inversa se alojó como material de base de formación de biopelícula, y la membrana de ósmosis inversa se cortó 8 a 9 cm para muestreo, que se realizó una vez al mes para realizar una medición de ATP de una cantidad de una biopelícula sobre una superficie de la membrana de ósmosis inversa a modo de la medición de ATP que se llevó a cabo del mismo modo que en el Ejemplo 1.

20 Como resultado de la funcionamiento durante 120 días, las cantidades de deposición de biopelícula en el dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula A fueron 0,6 pg/cm<sup>2</sup>, 0,7 pg/cm<sup>2</sup>, 14,2 pg/cm<sup>2</sup> y 71 pg/cm<sup>2</sup>. Las concentraciones de sales de los tres grados de líquidos de suspensión en los que la biopelícula se dispersó en el dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula A fueron del 0,05 % al 0,1 %, y las cantidades de deposición se calcularon mediante la conversión de las tasas de inhibición debido a las concentraciones de sales.

25 Las cantidades de deposición de biopelícula en el dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula B fueron 0,6 pg/cm<sup>2</sup>, 5,7 pg/cm<sup>2</sup>, 78 pg/cm<sup>2</sup> y 85 pg/cm<sup>2</sup>. Las concentraciones de sales de los tres grados de líquidos de suspensión en los que la biopelícula se dispersó en el dispositivo de evaluación de la formación de biopelícula B fueron del 0,2 % al 0,5 %. Durante la funcionamiento, una pérdida de presión del módulo de membrana de ósmosis inversa se desplazó establemente sin aumentar, y la planta fue capaz de funcionamiento estable.

30 Como resultado del dispositivo de evaluación de la formación de biopelículas A y B, se considera que es posible realizar la funcionamiento de planta estable sin cambiar las condiciones de funcionamiento, que incluye la adición de bactericida, y no se realizó control de la funcionamiento. En la actualidad, la planta operó establemente adicionalmente durante un mes.

35 Aunque la presente invención se ha descrito en detalle y con referencia a realizaciones específicas de la misma, será evidente para un experto en la materia que pueden hacerse diversos cambios y modificaciones en ella sin apartarse del espíritu y alcance de la misma.

40 La presente solicitud se basa en la solicitud japonesas N.º 2006-259286 presentada el 25 de septiembre de 2006.

**Aplicabilidad industrial**

45 La presente invención proporciona un método de funcionamiento de una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa y una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa adecuadamente usada para obtener agua fresca desalando agua de mar y agua salina con una membrana de ósmosis inversa u obteniendo agua reutilizable purificando aguas negras tratadas, aguas residuales tratadas y aguas residuales industriales.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método de funcionamiento de una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa que tiene una unidad de entrada de agua bruta, una unidad de pre-tratamiento y una unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa que tiene un módulo de membrana de ósmosis inversa en este orden, comprendiendo dicho método:

disponer una membrana de ósmosis inversa usada como material de base de formación de biopelícula en un recipiente de flujo, en donde la membrana de ósmosis inversa es una hoja rectangular y está enrollada de tal manera que una superficie de capa con función de separación sirve de lado interno y la membrana de ósmosis inversa enrollada es empujada en el recipiente de flujo a lo largo de una pared interna del recipiente de flujo en el que el lado interno es la parte sobre la que circula el agua de evaluación dentro del recipiente de flujo, de manera que el agua de suministro del módulo de membrana de ósmosis inversa muestreada de la ramificación de tubería aguas arriba del primer módulo de membrana de ósmosis inversa en la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa y/o el agua no permeada por el módulo de membrana de ósmosis inversa muestreada de la ramificación de tubería aguas abajo de los módulos de membrana de ósmosis inversa a través de los cuales pasa el agua no permeada por el módulo de membrana de ósmosis inversa, circula/n sobre una superficie de una capa con función de separación de la hoja de membrana de ósmosis inversa usada como material de base de formación de biopelícula alojada en el recipiente de flujo, y de manera que el agua de suministro del módulo de membrana de ósmosis inversa y/o el agua no permeada por el módulo de membrana de ósmosis inversa no es/son filtrada(s) por la hoja de membrana de ósmosis inversa usada como material de base de formación de biopelícula alojada en el recipiente de flujo, pero en condiciones en que el agua de suministro del módulo de membrana de ósmosis inversa y/o el agua no permeada por el módulo de membrana de ósmosis inversa circula(n) a una velocidad lineal igual a una velocidad lineal de agua no permeada en el módulo de membrana de ósmosis inversa de la unidad de filtración de membrana de ósmosis inversa e igual a una velocidad lineal promedio sobre la superficie del módulo de membrana de ósmosis inversa sobre la que circula el agua no permeada; evaluar una cantidad de biopelícula sobre la hoja de membrana de ósmosis inversa usada como material de base de formación de biopelícula alojada en el recipiente de flujo a una frecuencia de una vez al día a una vez cada seis meses; y controlar el método de funcionamiento de una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa basándose en los resultados de la evaluación,

en el que la membrana de ósmosis inversa usada como material de base de formación de biopelícula está hecha del mismo material que una membrana de ósmosis inversa que se usa en la planta de filtración con membrana de ósmosis inversa.

2. El método de funcionamiento de una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa según la reivindicación 1, en el que la cantidad de biopelícula sobre una superficie de la hoja de membrana de ósmosis inversa usada como material de base de formación de biopelícula se evalúa colocando la hoja de membrana de ósmosis inversa que se clasifica en un tamaño de una circunferencia de un círculo que tiene un diámetro interno de D o menos y una altura de H o menos con plegado en un recipiente de flujo cilíndrico que tiene un diámetro interno de D y una altura de H de manera que orienten una superficie dirigida al agua bruta durante la filtración a un lado interno, y cortando una parte de la hoja de membrana de ósmosis inversa fijada en el recipiente de flujo cilíndrico por una resiliencia física en una dirección de la circunferencia.

3. El método de funcionamiento de una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa según la reivindicación 1, en el que el control sobre el método de funcionamiento de la planta de filtración con membrana de ósmosis inversa es control sobre las condiciones de esterilización o las condiciones de limpieza de la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa, y la membrana de ósmosis inversa usada como material de base de formación de biopelícula se trata en condiciones de control similares.

4. El método de funcionamiento de una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa según la reivindicación 1, en el que la cantidad de biopelícula se evalúa basándose en ATP (adenosina-5'-trifosfato), y el método de funcionamiento de la planta está controlado para lograr una cantidad de ATP de 200 pg/cm<sup>2</sup> o menos por unidad de superficie.

5. El método de funcionamiento de una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa según la reivindicación 1, en el que el método es un método para evaluar la cantidad de biopelícula formada en agua bruta que tiene una concentración de sales del 3 % o más por el método de medición de ATP, comprendiendo dicho método:

- (a) suspender en agua pura la biopelícula recogida de la membrana de ósmosis inversa usada como material de base de formación de biopelícula;
- (b) cuantificar una luminosidad del líquido de suspensión de (a) usando una reacción de luciferasa;
- (c) medir una concentración de sales del líquido de suspensión de (a);
- (d) calcular una cantidad de ATP del líquido de suspensión de (a) usando una ecuación de correlación de una

inhibición de la concentración de sales que va a ejercerse sobre un sistema de cuantificación usando la reacción de luciferasa, una ecuación de correlación de la concentración de ATP y la luminosidad en ausencia de la inhibición, y los resultados de (b) y (c); y

5 (e) calcular la cantidad de ATP por unidad de superficie usando un área de la superficie de formación de biopelícula recogida, un volumen de líquido del agua pura suspensa y un resultado de la cantidad de ATP en el líquido de suspensión de (a) obtenido por (d).

10 6. Una planta de filtración con membrana de ósmosis inversa que tiene una unidad de entrada de agua bruta, una unidad de pre-tratamiento y una unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa que tiene un módulo de membrana de ósmosis inversa en este orden, que comprende:

15 una ramificación de tubería aguas arriba del primer módulo de membrana de ósmosis inversa en la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa para hacer circular agua de suministro y/o una ramificación de tubería aguas abajo del módulo de membrana de ósmosis inversa en la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa para hacer circular agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa;

20 un recipiente de flujo conectado aguas abajo de la(s) tubería(s); y una válvula de ajuste de la velocidad de flujo conectada aguas arriba o aguas abajo del recipiente de flujo, en donde una membrana de ósmosis inversa usada como material de base de formación de biopelícula es rectangular y está enrollada de tal manera que una superficie de capa de función de separación sirve de lado interno y la membrana de ósmosis inversa enrollada es empujada en el recipiente de flujo a lo largo de una pared interna del recipiente de flujo, en el que el lado interno es la parte sobre la que circula el agua de evaluación dentro del recipiente de flujo,

25 en donde la membrana de ósmosis inversa que está hecha del mismo material que una membrana de ósmosis inversa que se usa en la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa, está contenida en el recipiente de flujo de tal forma que el agua de suministro de la membrana de ósmosis inversa y/o el agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa en la unidad de filtración con membrana de ósmosis inversa circula(n) paralela(s) a una superficie de una capa con función de separación de la membrana de ósmosis inversa usada como material de base de formación de biopelícula, y que el agua de suministro de la membrana de ósmosis inversa y/o el agua no permeada por la membrana de ósmosis inversa no es/son filtrada(s) por la membrana de ósmosis inversa usada como material de base de formación de biopelícula, bajo flujo de agua a una velocidad lineal igual a una velocidad lineal de agua no permeada en el módulo de membrana de ósmosis inversa de la unidad de filtración de membrana de ósmosis inversa, e igual a una velocidad lineal promedio sobre la superficie del módulo de membrana de ósmosis inversa sobre la que circula el agua no permeada y en donde

35 la membrana de ósmosis inversa que se clasifica en un tamaño de una circunferencia de un círculo que tiene un diámetro interno de D o menos y una altura de H o menos se coloca en un recipiente de flujo cilíndrico que tiene un diámetro interno de D y una altura de H de manera que oriente una superficie dirigida al agua bruta durante la filtración a un lado interno, y fijada en el recipiente de flujo cilíndrico por una resiliencia física en una dirección de la circunferencia de la membrana de ósmosis inversa.

40 7. La planta de filtración con membrana de ósmosis inversa según la reivindicación 6, que es para desalar agua de mar.

FIG. 1

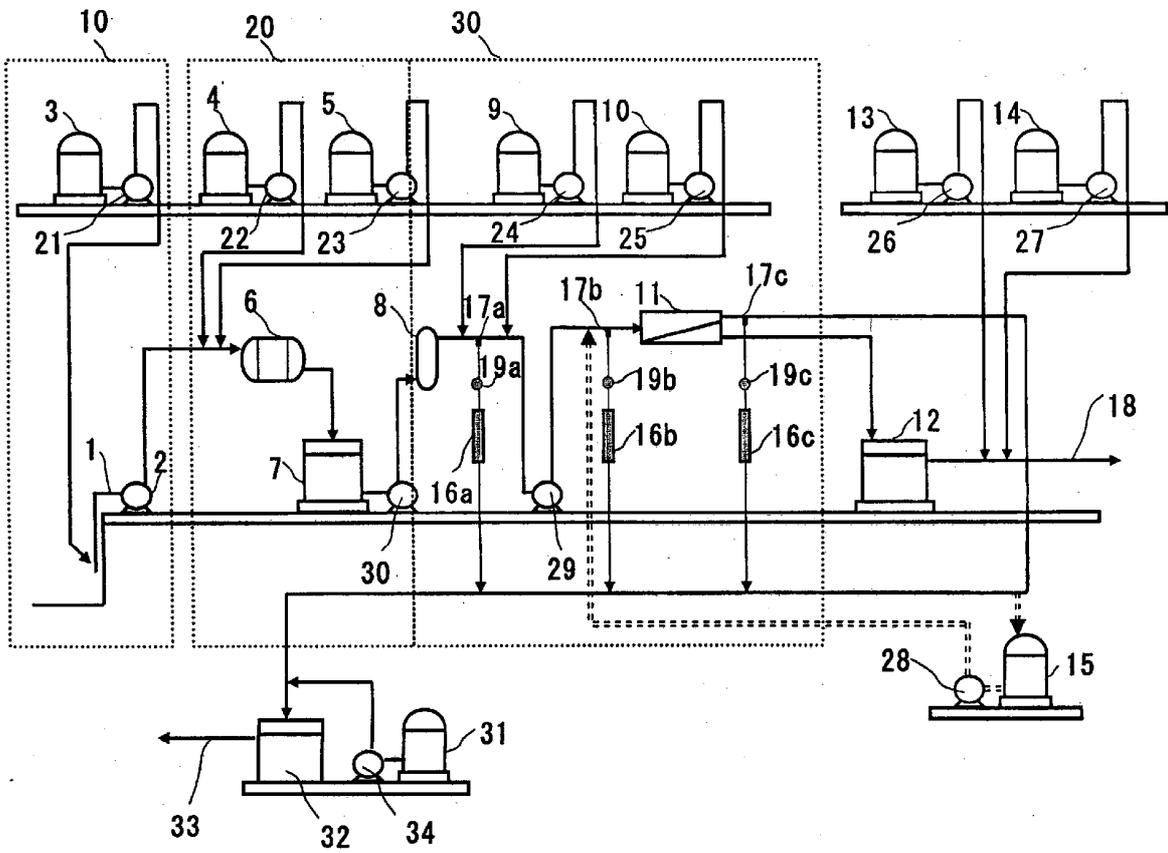


FIG. 2

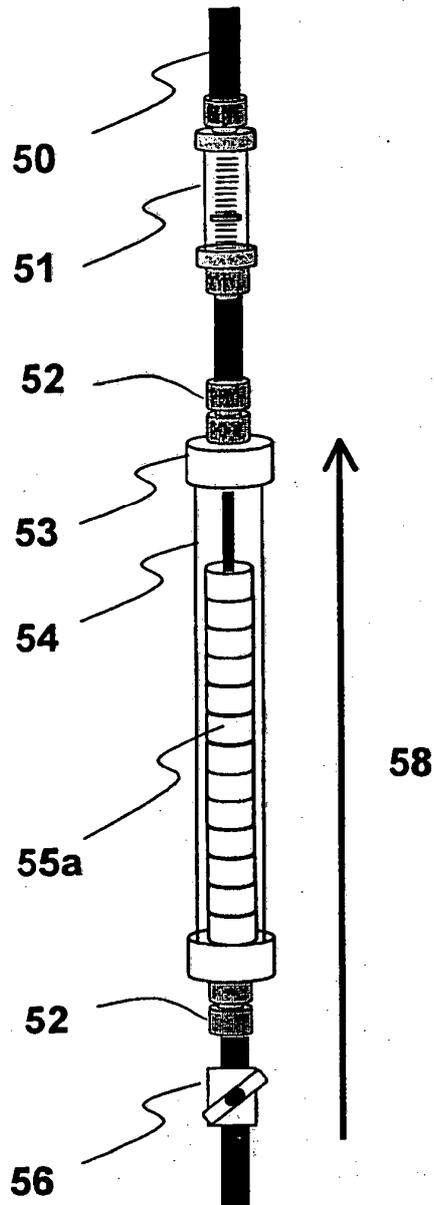


FIG. 3

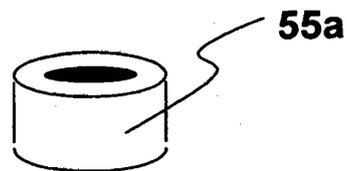


FIG. 4

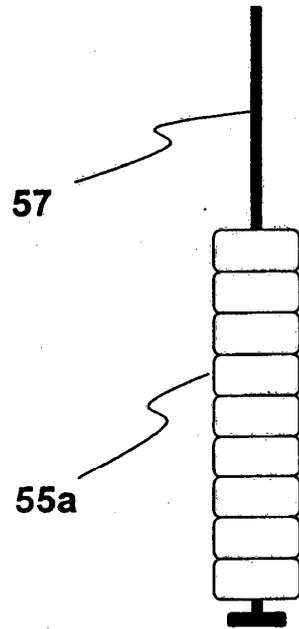


FIG. 5

