

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 444 006**

51 Int. Cl.:

**B01D 61/02** (2006.01)

**C02F 1/44** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.08.2007 E 07016973 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2013 EP 1894612**

54 Título: **Procedimiento de purificación de agua por medio de una unidad de filtración de membrana**

30 Prioridad:

**01.09.2006 NL 1032403**

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

**21.02.2014**

73 Titular/es:

**VITENS FRYSLÁN N.V. (100.0%)  
Snekertrekweg 61  
8912 AA Leeuwarden, NL**

72 Inventor/es:

**VAN DER MEER, WALTERUS GIJSBERTUS  
JOSEPH**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 444 006 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**

Procedimiento de purificación de agua por medio de una unidad de filtración de membrana

La presente invención se refiere a un procedimiento para la purificación de agua por medio de una unidad de filtración de membrana.

5 La filtración de membrana es una técnica de separación utilizada de forma generalizada para purificar agua, tal como agua de superficie, agua de procesos y agua residual. La filtración de membrana también se puede utilizar para retirar los componentes suspendidos, el material coloidal y las bacterias del agua. Al utilizar la denominada unidad de filtración de membrana de ultrafiltración, además, es posible eliminar virus y otros patógenos microbiológicos del agua.

10 De la patente de Estados Unidos Nº 6.592.763, por ejemplo, se conoce un procedimiento en el que el efluente procedente de un biorreactor se introduce en una unidad de ultrafiltración y se separa en un flujo de permeado y un flujo de concentrado en ella, cuyo flujo de permeado posteriormente se introduce, por ejemplo, en una unidad de filtración de membrana de tipo nanofiltración, en la que tiene lugar la separación en un flujo de producto y un flujo de descarga que contiene sustancias disueltas.

15 La patente de Estados Unidos Nº 5.098.575 se refiere a un procedimiento de desalinización de agua en el que se lleva a cabo un proceso que consta de dos fases. En una primera fase tiene lugar una ósmosis natural, en la que se introduce agua salada en un recipiente, dentro de cuyo recipiente se encuentra sumergido otro recipiente provisto con una membrana semipermeable. Dicho otro recipiente contiene el denominado "líquido intermedio", por ejemplo, una solución concentrada de azúcares, solución de azúcares que tiene una presión osmótica significativamente superior que el agua salina, de forma que el agua pura obtenida procedente del agua salina pasará a través de la membrana como consecuencia de la ósmosis natural para diluir la solución concentrada. El líquido intermedio diluido de esta forma se bombea hacia una segunda fase, en la que tiene lugar una ósmosis inversa, y de esta forma se descarga agua pura. Posteriormente, el líquido intermedio se devuelve al otro recipiente mediante una bomba para así completar el ciclo.

20

25 En la solicitud de patente de Estados Unidos US 2004/0188348 se indica la obtención de una solución de salmuera concentrada mediante una unidad de membrana sumergida y una unidad de ósmosis inversa dispuesta en serie con ella, solución que se devuelve posteriormente a la unidad de membrana mediante una etapa intermedia.

La solicitud de patente holandesa Nº 1.028.484 (no publicada previamente) desvela una unidad de filtración de membrana para tratar un flujo de residuos acuosos procedente de un biorreactor, en el que la unidad de filtración de membrana está sumergida en el propio reactor, biorreactor en el que se introduce el flujo de residuos acuosos.

30

Si se utiliza la filtración de membrana en el dominio de la purificación de agua potable, en todo momento se obtiene un flujo de residuo que contiene el 20% aproximadamente del flujo de la alimentación original suministrada a la unidad de filtración de membrana. Dicho flujo de residuo, también denominado salmuera o concentrado, comprende una concentración elevada de sustancias retenidas, por ejemplo pesticidas, herbicidas, sales, bacterias, virus y similares. Como consecuencia de la etapa de purificación llevada a cabo en la unidad de filtración de membrana, las concentraciones de las sustancias anteriormente mencionadas serán varias veces superiores en el flujo de alimentación sin purificar, y en general dicha concentración será al menos cinco veces superior. Un problema que se presenta cuando se utiliza dicha técnica de separación es la descarga o eliminación posterior del flujo de agua residual que se haya producido. Las autoridades imponen unos requisitos rigurosos en cuanto a la posible descarga de un flujo de agua residual y, en vista de la elevada concentración de productos residuales en dicho flujo de agua residual, dichos flujos de residuo no se pueden descargar simplemente en el sistema de alcantarillado y/o en el agua de superficie, sino que son necesarias etapas de purificación adicionales, lo que supone unos costes significativos.

35

40

Así, es un objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento de tratamiento de un flujo acuoso en una unidad de filtración de membrana, en el que el flujo de concentrado obtenido se descarga de una forma ecológicamente ventajosa.

45

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento de tratamiento de un flujo acuoso en una unidad de filtración de membrana, en el que no son necesarias operaciones de purificación adicionales.

Otro objeto más de la presente invención es proporcionar un procedimiento para la preparación a gran escala de agua potable de una forma ecológicamente ventajosa.

50 De acuerdo con el presente procedimiento, se sumerge una primera unidad de filtración de membrana en el agua a purificar, en la que el agua que rodea la primera unidad de filtración de membrana es succionada hacia el interior de la primera unidad de filtración de membrana por la acción de la presión osmótica, en cuya primera unidad de filtración de membrana está presente un agente osmótico, en el que el flujo de permeado procedente de la primera unidad de filtración de membrana se introduce en una segunda unidad de filtración de membrana y se separa en ella en un flujo de producto, que comprende el agua purificada, y un flujo de concentrado, cuyo flujo de concentrado se devuelve al interior de la primera unidad de filtración de membrana sumergida en el agua a purificar, procedimiento

55

que se caracteriza por la parte caracterizadora de la reivindicación 1.

Cuando se utiliza dicho procedimiento, con el agua a purificar que se selecciona en particular del grupo que consiste en agua de superficie, agua salada y agua salobre, el agua a purificar de hecho se extrae directamente, y las impurezas, que estarán presentes en la parte exterior de la primera unidad de filtración de membrana, simplemente quedan atrás en el agua aún por purificar, en concreto, el agua que rodea la primera unidad de filtración de membrana. Así, una mezcla de agente osmótico y el agua que haya atravesado la membrana está presente en el interior de la primera unidad de filtración de membrana. Esto significa que no se obtiene un flujo de concentrado, que eventualmente habría de ser descargado, sino que el flujo de concentrado se mezclará con una gran cantidad de agua presente alrededor y en la parte exterior de la primera unidad de filtración de membrana. Una ventaja de dicho procedimiento es que no se descargan materiales, y así en este aspecto no se aplican restricciones legales.

El término "sumergido" se debe entender que significa que la superficie de la membrana que es necesaria para el proceso de purificación está dispuesta por debajo de la superficie del agua a purificar. El término "unidad de filtración de membrana" se debe entender que significa que hay al menos un módulo de membrana, mientras que el número de módulos de membrana, dispuestos en paralelo o en serie, de hecho no está limitado a ningún número en particular. Aunque se ha indicado que el flujo de permeado procedente de la primera unidad de filtración de membrana se introduce en la segunda unidad de filtración de membrana, en una realización especial se pueden llevar a cabo una o más etapas intermedias, por ejemplo, la adición de una cantidad adicional de agente osmótico, la utilización de una tubería de drenaje para retirar las sustancias que se hayan acumulado, o de una tubería de descarga para poder limpiar, cuyas una o más etapas intermedias se pueden llevar a cabo en posiciones aleatorias del ciclo.

A pesar de que la unidad de filtración de membrana sumergida se conoce de la publicación japonesa JP 7116482, en dicha configuración aún se obtiene un flujo de concentrado que debe ser descargado.

La segunda unidad de filtración de membrana se selecciona del grupo que comprende unidades de filtración de membrana de ósmosis inversa (OI) y nanofiltración (NF).

La primera unidad de filtración de membrana se selecciona entre unidades de membrana de nanofiltración (NF).

Ejemplos de agua de superficie incluyen, por ejemplo, un lago, un arroyo, un río o un canal, en los que el volumen de agua que rodea a la primera unidad de filtración de membrana es tan grande que no será perceptible ningún incremento en la cantidad de impurezas. De hecho, las impurezas quedan atrás en el medio del cual se extrae el agua a purificar. Puesto que el medio del cual se extrae el agua a purificar en la práctica estará ligeramente en movimiento, por ejemplo en relación con las corrientes naturales y la acción del viento, no se observará una acumulación permanente de impurezas en torno a la primera unidad de filtración de membrana.

El presente procedimiento es adecuado en particular para su utilización en situaciones en las que el volumen de agua a purificar, en la cual está sumergida la primera unidad de filtración de membrana, es al menos 100 veces, preferentemente 1000 veces, y en principio un número infinito de veces más grande que el volumen que capta la propia primera unidad de filtración de membrana en el agua a purificar. Puesto que el volumen del agua que rodea la primera unidad de filtración de membrana de hecho es un número infinito de veces más grande, no hay necesidad de hacer pasar un flujo del agua a purificar a través de la superficie de la membrana mediante bombas, tuberías, válvulas y similares, lo que tiene ventajas significativas. De acuerdo con la presente invención, el agua a purificar no está presente en un espacio, contenedor o tanque encerrados artificialmente, sino que está formada por una gran masa de agua, natural o no, tal como un estanque, un foso, un lago, un arroyo, un río o un canal, en el que está sumergida la primera unidad de filtración de membrana, cuya gran masa de agua puede estar comunicada o no con otras fuentes de agua, ya sea mares o aguas interiores.

En la presente invención, es preferible utilizar la presión osmótica para la producción del permeado en la primera unidad de filtración de membrana, en relación a lo cual los presentes inventores han comprobado que al utilizar la presión osmótica como fuerza impulsora, la retención de sales por parte de la primera unidad de filtración de membrana es muy alta, lo que es particularmente ventajoso cuando se utiliza en el presente procedimiento para la preparación de agua muy pura. Debido a la presencia del agente osmótico, una solución salina, en la primera unidad de filtración de membrana, el agua a purificar, que rodea la unidad de filtración de membrana, es absorbida a través de la membrana debido a la diferencia de presión osmótica que se ejerce de esta forma. Puesto que así es posible aplicar una elevada presión osmótica, se puede obtener un flujo elevado.

Las soluciones salinas adecuadas incluyen sales de aniones y cationes bivalentes, que no atraviesan la membrana de la primera y segunda unidad de filtración de membrana, tal como agua del mar,  $MgSO_4$ ,  $AlSO_4$ ,  $ZnSO_4$ , un flujo de concentrado procedente de una planta de desalinización, por ejemplo, una planta en la que se utilizan técnicas de evaporación o membranas de OI. En particular, el  $MgSO_4$  es una sal adecuada debido a que es capaz de disolverse en una alta concentración y en consecuencia proporciona una elevada presión osmótica, prefiriéndose una cantidad de  $MgSO_4$  del 0,1-5% en peso, en particular del 0,5-1,5% en peso. Un valor inferior al 0,1% en peso produce una presión osmótica demasiado baja, mientras que un valor superior al 5% en peso da lugar a problemas de solubilidad.

Una ventaja de la presente invención es en particular el elevado flujo en la primera y segunda unidad de filtración de

5 membrana. Dicho flujo elevado es provocado en particular por el hecho de que se puede aplicar una fuerza de succión mucho más alta por medio de la presión osmótica obtenida con una solución de  $MgSO_4$ , por ejemplo, que por medio de vacío físico, que en teoría está limitado a un valor de 1 bar. La utilización del presente procedimiento es, por tanto, más ventajosa por motivos económicos que la utilización de una unidad de filtración de membrana que emplee vacío físico. Además, se asume que el grado de fallo que se produce en las membranas será bajo.

En una realización especial de la presente invención, el flujo de producto se puede someter a uno o más tratamientos adicionales, tal como un tratamiento con ozono, oxígeno o una etapa de purificación adicional.

10 Preferentemente, la segunda unidad de filtración de membrana no está dispuesta en el agua a purificar, sino por ejemplo en tierra. Así se hace circular el flujo de concentrado en un sistema cerrado de la primera y segunda unidades de filtración de membrana y las tuberías, bombas y válvulas relacionadas, tal como es evidente para los expertos en la materia.

Las unidades de filtración de membrana de tipo OI/NF han demostrado ser unidades de filtración de membrana adecuadas.

15 Para crear un vacío sobre la parte permeada de la primera unidad de filtración de membrana, la primera unidad de filtración de membrana está provista con medios para aplicar el vacío, y una tubería de entrada para suministrar un agente osmótico, tal como una solución salina.

20 La tubería del permeado de la primera unidad de filtración de membrana está conectada en particular a la tubería de entrada de la segunda unidad de filtración de membrana, con la tubería del concentrado de la segunda unidad de filtración de membrana que está conectada a la tubería de entrada para el suministro del agente osmótico, en particular una solución salina, a la primera unidad de filtración de membrana.

Ahora se explicará la presente invención por medio de un ejemplo, en relación al cual se debe entender, no obstante, que la presente invención no está limitada en ningún aspecto a dicho ejemplo especial.

25 La figura adjunta muestra una primera unidad de filtración de membrana 1, que está sumergida en agua 2, por ejemplo el lago IJsselmeer. En aras de la claridad, las bombas, filtros, válvulas y tuberías, que conocen los expertos en la materia, se han dejado fuera. Para ejercer una presión osmótica en el interior de la unidad de filtración de membrana 1, se suministra un agente osmótico, tal como una solución salina, a través de la tubería 5, cuya solución salina, a la cual se le ha añadido el agua que se ha succionado en la primera unidad de filtración de membrana 1 se suministra en forma de flujo de permeado a una segunda unidad de filtración de membrana 4 a través de la tubería 3. En la segunda unidad de filtración de membrana 4 se lleva a cabo una separación del flujo de permeado, con el  
30 agua purificada que se descarga en forma de flujo de producto a través de la tubería 6 y la solución salina espesada que se devuelve a la primera unidad de filtración de membrana 1 en forma de flujo de concentrado a través de la tubería 5.

35 En una realización especial, el flujo de producto, que se descarga a través de la tubería 6, se puede someter a uno o más tratamientos adicionales (no mostrados), tratamientos que son conocidos por los expertos en este ámbito de la técnica.

40 Puesto que la primera unidad de filtración de membrana 1 está presente en un volumen de agua 2 muy grande, las impurezas retenidas en la superficie de la primera unidad de filtración de membrana 1 se diluirán con la propia agua 2, de forma que no se plantearán cuestiones acerca del incremento del nivel de impurezas en el agua 2. Cuando se utiliza dicho procedimiento, ya no es necesario descargar un flujo de concentrado que contenga las impurezas, que supone una ventaja en vista a la obtención de licencias. De hecho, los contaminantes permanecen en el agua 2 debido a que ya no se produce descarga.

45 En la práctica, la primera unidad de filtración de membrana 1, que puede constar de una serie de membranas individuales, dispuestas en paralelo o en serie, se coloca frente a la costa en el agua a purificar, y el flujo de permeado posteriormente se descarga, preferentemente en la costa, y se purifica adicionalmente en otra unidad de filtración de membrana. Puesto que la primera unidad de filtración de membrana está dispuesta en el agua a purificar y utiliza la diferencia de presiones osmóticas entre el agua a purificar y el medio presente en la primera unidad de filtración de membrana, no son necesarias bombas o tuberías para conseguir que el flujo de agua a purificar atraviese la superficie de la membrana, que es una ventaja importante tanto por razones técnicas como económicas.

50

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de purificación de agua por medio de una unidad de filtración de membrana, en el que una primera unidad de filtración de membrana se sumerge en el agua a purificar, en el que el agua que rodea la primera unidad de filtración de membrana es succionada hacia el interior de la primera unidad de filtración de membrana por la acción de la presión osmótica, en cuya primera unidad de filtración de membrana está presente un agente osmótico, en el que el flujo de permeado procedente de la primera unidad de filtración de membrana es suministrada una segunda unidad de filtración de membrana y se separa en ella en un flujo de producto, que comprende el agua purificada, y un flujo de concentrado, cuyo flujo de concentrado se devuelve al interior de la primera unidad de filtración de membrana sumergida en el agua a purificar, **caracterizado porque** se utiliza una solución salina como agente osmótico, en el que el agua a purificar es una gran masa de agua que no está presente en un espacio, contenedor o tanque encerrados artificialmente.
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la primera unidad de filtración de membrana es seleccionada entre unidades de filtración de membrana de nanofiltración (NF).
3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la segunda unidad de filtración de membrana es seleccionada del grupo que comprende unidades de filtración de membrana de ósmosis inversa (OI) y de nanofiltración (NF).
4. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera o más de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el agua a purificar es seleccionada del grupo que consiste en agua de superficie, agua salina y agua salobre.
5. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera o más de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la solución salina es seleccionada del grupo que consiste en agua del mar,  $MgSO_4$ ,  $AlSO_4$ ,  $ZnSO_4$ , y un flujo de concentrado procedente de una planta de desalinización, o una de sus combinaciones.

