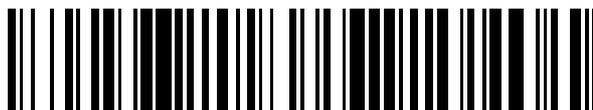


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 348**

51 Int. Cl.:

C02F 1/44 (2006.01)

C02F 103/02 (2006.01)

C02F 103/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.12.2009 PCT/GB2009/002842**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.06.2010 WO10067061**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.12.2009 E 09796028 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2018 EP 2364274**

54 Título: **Proceso para operar una torre de enfriamiento que comprende el tratamiento del agua de alimentación por ósmosis directa**

30 Prioridad:

08.12.2008 GB 0822361

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

04.05.2018

73 Titular/es:

**SURREY AQUATECHNOLOGY LIMITED (100.0%)
Modern Water Bramley House The Guildway Old
Portsmouth Road
Guildford, Surrey GU3 1LR, GB**

72 Inventor/es:

NICOLL, PETER

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 666 348 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

Proceso para operar una torre de enfriamiento que comprende el tratamiento del agua de alimentación por ósmosis directa

5 La presente invención se relaciona con un método para operar una torre de enfriamiento.

Los intercambiadores de calor se usan a menudo para eliminar el exceso de calor de los procesos industriales. Los intercambiadores de calor típicos incluyen intercambiadores de calor de tipo concha y tubo, que comprenden una longitud de tubo parcialmente encerrada dentro de una carcasa o concha. Se introduce una corriente de proceso industrial que contiene un exceso de calor en la tubería, mientras que un refrigerante, tal como agua, pasa a través de la concha por medio de una entrada y salida separadas. El agua elimina el exceso de calor de la corriente de proceso. Por lo tanto, el agua que sale de la concha está a una temperatura más alta que el refrigerante que ingresa a la concha. La corriente de agua calentada se enfría en una torre de enfriamiento antes de reintroducirse en la concha. De esta forma, la eliminación de calor puede llevarse a cabo de manera continua.

La mayoría de las torres de enfriamiento contienen un material de relleno poroso, conocido como plataforma. El agua se introduce en la parte superior de la torre de enfriamiento y gotea hacia abajo a través de la plataforma, mientras que el aire se sopla a través de la plataforma, que causa que parte del agua se evapore. La pérdida de calor por evaporación (enfriamiento por evaporación) disminuye la temperatura restante del agua. El agua enfriada se recircula al intercambiador de calor.

A medida que se produce la evaporación, se acumulan contaminantes, tales como sólidos disueltos, en el agua de recirculación. Dichos contaminantes pueden causar incrustaciones, por ejemplo, como resultado del crecimiento biológico, la formación de incrustaciones, la corrosión y/o la deposición de lodo. El nivel de contaminante se puede reducir al eliminar una parte del agua de recirculación del sistema. La eliminación de agua de esta manera se conoce como purga.

Para reemplazar la pérdida de agua del sistema, se introduce agua de compensación en la torre de enfriamiento. Se han hecho varios intentos para tratar esta agua de compensación para reducir el riesgo de suciedad. En el documento WO 2005/120688, por ejemplo, el agua de compensación se forma colocando una membrana selectivamente permeable entre agua de mar y una solución limpia de cloruro de sodio que tiene una concentración de soluto más alta que el agua de mar. La diferencia en el potencial osmótico hace que el agua del lado del agua de mar de la membrana fluya a través de la membrana para diluir la solución de cloruro de sodio. Esta solución diluida de cloruro de sodio está sustancialmente libre de los contaminantes biológicos que se encuentran típicamente en el agua de mar y puede tratarse con agentes anticorrosión, agentes antisuciedad y antiincrustación antes de usarse como agua de compensación para el sistema.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un proceso para operar una torre de enfriamiento, donde dicho proceso comprende: preparar una solución de extracción disolviendo una o más sales solubles en agua en agua, colocar una membrana entre una solución fuente y una solución de extracción, en el que la solución de extracción se prepara con una concentración de soluto más alta que la solución fuente, de manera que el solvente de la solución fuente fluye a través de la membrana para diluir la solución de extracción, que introduce la solución diluida en la torre de enfriamiento como la solución de alimentación, evaporar el agua de la solución de alimentación para producir una solución concentrada, eliminar (i) una porción de la solución concentrada como purga, y (ii) una porción adicional de la solución concentrada como una solución de extracción, pasar al menos una porción de la purga a través de una primera membrana, en el que la primera membrana es una membrana de nanofiltración, de modo que parte del soluto en la purga se retiene como una solución de purga concentrada en el lado del retenido de la primera membrana, y en el que la solución del lado del filtrado de la primera membrana se descarta o se usa en otro proceso, poner en contacto la porción adicional de la solución concentrada y al menos una porción de la solución de purga concentrada con un lado de una segunda membrana y poner en contacto una solución que tiene una concentración de soluto más baja que la solución combinada de purga concentrada y la porción adicional (ii) de la solución concentrada con el lado opuesto de la segunda membrana, de modo que el agua fluye a través de la segunda membrana para diluir la solución de purga concentrada mediante ósmosis directa, y reintroducir la solución de purga diluida en la torre de enfriamiento.

55 La solución fuente puede ser una corriente acuosa.

Preferiblemente, la corriente acuosa es una corriente impura, tal como agua de mar, agua de río, agua de lago, agua de lluvia, agua salobre y agua de corrientes de procesos industriales. Las corrientes de procesos industriales adecuadas pueden derivarse de, por ejemplo, los residuos salados de las plantas de desalinización, tales como plantas de desalinización térmica y/u ósmosis inversa. También se pueden usar efluentes acuosos, tales como aquellos típicamente empleados como agua de composición para torres de enfriamiento convencionales.

Se puede usar cualquier solución adecuada que tenga una concentración de soluto más alta que la solución fuente como la solución de extracción. La solución de extracción puede tener una composición conocida. Por ejemplo, en una realización, la solución de extracción se forma introduciendo una cantidad conocida de al menos un soluto en una

cantidad conocida de solvente. Por lo tanto, la solución de extracción consiste esencialmente en solutos seleccionados disueltos en un solvente seleccionado, en la que el solvente es agua. Mediante la formación de la solución de extracción de esta manera, se puede producir una solución sustancialmente limpia. Por lo tanto, la solución de extracción puede tener una concentración reducida de partículas suspendidas, materia biológica y/u otros componentes que pueden causar suciedad en el sistema de refrigeración. En una realización preferida, la solución de extracción está sustancialmente exenta de partículas suspendidas, materia biológica y/u otros componentes que pueden provocar suciedad en el sistema de refrigeración.

En una realización, se incluyen aditivos, tales como inhibidores de incrustaciones, inhibidores de corrosión, biocidas y/o dispersantes, en la solución de extracción. Al recircular una porción de la solución de extracción a través de la torre de enfriamiento, estos aditivos pueden reutilizarse. Preferiblemente, la mayor parte de la solución de extracción se recircula en un circuito cerrado, de modo que una gran proporción de los componentes de la solución de extracción se retienen dentro del circuito. Por lo tanto, una vez que se forma la solución de extracción, puede que no sea necesario agregar continuamente soluto nuevo y/o aditivos a la solución.

El soluto (o agente osmótico) en la solución de extracción es una sal soluble en agua. Las sales adecuadas incluyen sales de amonio y metales, tales como metales alcalinos (por ejemplo, Li, Na, K) y metales alcalinotérreos (por ejemplo, Mg y Ca). Las sales pueden ser fluoruros, cloruros, bromuros, yoduros, sulfatos, sulfitos, sulfuros, carbonatos, hidrogenocarbonatos, nitratos, nitritos, nitruros, fosfatos, aluminatos, boratos, bromatos, carburos, cloruros, percloratos, hipocloratos, cromatos, fluorosilicatos, fluorosilicatos, fluorosulfatos, silicatos, cianuros y cianatos. Se pueden emplear una o más sales. En una realización preferida, el soluto de la segunda solución es una sal de potasio, magnesio o sodio en agua.

Como se menciona anteriormente, la solución fuente se coloca en un lado de una membrana, mientras que la solución de extracción se coloca en el lado opuesto de la membrana. Como un resultado de la diferencia en el potencial osmótico entre las soluciones, el solvente pasa a través de la membrana para diluir la solución de extracción por ósmosis directa. El flujo ocurre a lo largo de un gradiente de concentración. Por lo tanto, no se requieren altas presiones para inducir el flujo de solvente. Sin embargo, se puede aplicar un diferencial de presión a través de la membrana, por ejemplo, para aumentar el flujo del solvente.

Se puede usar cualquier membrana selectiva adecuadamente en el paso de ósmosis directa. Se puede emplear una matriz de membranas. Membranas adecuadas incluyen acetato de celulosa (CA) y triacetato de celulosa (CTA) (tales como las descritos en McCutcheon et al., Desalination 174 (2005) 1-11) y membranas de poliamida (PA). La membrana puede ser plana o tomar la forma de un tubo o fibra hueca. Se pueden emplear membranas delgadas, en particular, cuando no se aplica una alta presión para inducir el flujo del solvente desde la primera solución a la segunda solución. Si se desea, la membrana puede estar soportada sobre una estructura de soporte, tal como un soporte de malla.

En una realización, una o más membranas tubulares pueden estar dispuestas dentro de una carcasa o concha. La solución fuente puede introducirse en la carcasa, mientras que la solución de extracción puede introducirse en los tubos. Como la concentración de solvente de la solución fuente es más alta que la de la solución de extracción, el solvente se difundirá a través de la membrana desde la solución fuente hacia la solución de extracción. La solución de extracción diluida se puede recuperar del interior de los tubos, mientras que la primera solución concentrada se puede eliminar de la carcasa (o viceversa).

Cuando se emplea una membrana plana, la lámina puede enrollarse de manera que define una espiral en el corte transversal.

El tamaño de poro de la membrana puede seleccionarse dependiendo del tamaño de las moléculas de solvente que requieren separación. Puede ser posible usar una membrana que tenga un tamaño de poro que permita que dos o más tipos diferentes de moléculas de solvente pasen a través de la membrana. Preferiblemente, el tamaño de poro de la membrana es selectivo para el paso de agua. El tamaño de poro de la membrana se selecciona preferiblemente para evitar el flujo de soluto y otros contaminantes desde la solución fuente a la solución de extracción. Los tamaños de poro típicos varían de 1 a 100 Angstroms, preferiblemente de 5 a 50 Angstroms, por ejemplo de 10 a 40 Angstroms. El tamaño de poro se puede inferir mediante el uso de cualquier técnica adecuada.

El flujo de solvente a través de una membrana generalmente está influenciado por condiciones térmicas. Por lo tanto, las soluciones en ambos lados de la membrana se pueden calentar o mezclar, si se desea. Las soluciones se pueden calentar a temperaturas más altas de 40 a 90°C, por ejemplo, de 60 a 80°C. Alternativamente, las soluciones se pueden enfriar a -20 a 40°C, por ejemplo, 5 a 20°C. La solución en un lado de la membrana puede calentarse, mientras que el otro lado se puede enfriar. El calentamiento o enfriamiento se puede llevar a cabo en cada solución de forma independiente. Las reacciones químicas también se pueden llevar a cabo en cualquier lado de la membrana, si se desea.

Para mejorar la eficacia del paso de ósmosis, la solución de extracción y/o fuente puede tratarse para reducir la suciedad e incrustaciones de la membrana. Por consiguiente, se pueden añadir agentes antiincrustantes y/o antisuciedad a una o ambas soluciones. Aunque no es necesario, se puede aplicar presión al primer lado de la solución

de la membrana para aumentar la rata de flujo de agua a través de la membrana. Por ejemplo, se pueden aplicar presiones de 1×10^5 Pa a 5×10^5 Pa [1 a 5 bar], preferiblemente presiones de 2×10^5 Pa a 4×10^5 Pa [2 a 4 bar]. Adicionalmente o alternativamente, la presión en el segundo lado de la solución de la membrana puede reducirse. Por ejemplo, la presión puede ser menor que 1×10^5 Pa [1 bar], preferiblemente menor que 0.5×10^5 Pa [0.5 bar].

5 Las viscosidades de la solución fuente y/o la solución de extracción también se pueden modificar para mejorar la rata de flujo a través de la membrana. Por ejemplo, se pueden emplear agentes modificadores de la viscosidad.

10 El proceso de la presente invención puede comprender además un paso de tratamiento previo para eliminar contaminantes, tales como partículas suspendidas y materia biológica, de la solución fuente. De manera adicional o manera alternativa, se puede agregar un inhibidor de umbral para controlar las incrustaciones a la primera solución. También se pueden emplear pasos previos al tratamiento para alterar el pH de la primera solución. Cuando se usa agua de mar como fuente, es preferible usar una toma de agua profunda, ya que el agua de mar profunda generalmente contiene menos contaminantes.

15 Después de que el solvente (por ejemplo, agua) de la solución fuente ha pasado a la solución de extracción, la solución de extracción puede estar a una presión elevada (presión osmótica cuando se usa agua como solvente). Esta presión puede usarse para ayudar a la transferencia de la solución de extracción a los pasos de procesamiento posteriores de la presente invención. Esta presión puede ser suficiente para transferir la solución de extracción a la torre de enfriamiento, por ejemplo, sin o con bombas menos o menos potentes. En una realización, el exceso de presión se convierte en trabajo mecánico. Por lo tanto, la presión (por ejemplo, la presión osmótica) generada en la solución de extracción puede usarse para reducir el consumo de energía y/o aumentar la eficiencia de transferencia de calor del proceso global.

20 En una realización, la solución de extracción diluida puede ponerse en contacto con un lado de otra membrana, mientras que una solución adicional que tiene una concentración de soluto más alta que la solución de extracción diluida se pone en contacto con el otro lado de la membrana. Como la solución de extracción diluida tiene una concentración de solvente más alta que la solución adicional, el solvente de la solución de extracción diluida fluye a través de la membrana para diluir la solución adicional por ósmosis directa. Al igual que la solución de extracción inicial, la solución adicional puede consistir esencialmente en un soluto seleccionado disuelto en un solvente seleccionado. Por lo tanto, repitiendo este paso de ósmosis directa una o más veces, la composición de la solución introducida en la torre de enfriamiento puede controlarse mejor.

25 La solución de extracción diluida del paso de ósmosis directa se usa como solución de alimentación para la torre de enfriamiento. La torre de enfriamiento preferiblemente comprende material o plataforma de soporte desde la que puede evaporarse el solvente (por ejemplo, agua). El material de soporte es preferiblemente poroso y puede tener ventajosamente una gran área superficial. El material de soporte puede estar hecho de plástico, metal, cerámica y materiales naturales, como la madera.

30 En uso, la solución de alimentación se pone en contacto con el material de soporte. A continuación, se puede pasar un gas, como aire, a través del material de soporte húmedo que causa que el solvente de la solución de alimentación se evapore, que forma una solución de alimentación concentrada. La temperatura de la solución de alimentación puede reducirse como un resultado del enfriamiento por evaporación. La solución enfriada se puede usar como un refrigerante en un intercambiador de calor, por ejemplo, para eliminar el calor de una fuente de calor.

35 La solución de alimentación concentrada se reutiliza como solución de extracción para eliminar el solvente de la solución fuente. Opcionalmente, la solución de alimentación concentrada puede reutilizarse como solución de extracción después de uno o más pasos intermedios. Por ejemplo, la solución de extracción concentrada se puede usar para eliminar el calor de una fuente de calor antes de volver a usarla como una solución de extracción. Alternativamente, la solución de extracción se puede usar para eliminar el calor de una fuente de calor después de que se haya usado para extraer el solvente de la solución fuente en el paso de ósmosis directa.

40 A medida que se produce la evaporación en la torre de enfriamiento, la solución de alimentación se concentra cada vez más y, después de un período de uso, pueden acumularse contaminantes en la solución de alimentación. Dichos contaminantes pueden incluir solutos y/o componentes suspendidos que fluyen a través de la membrana en el paso de ósmosis directa, por ejemplo, contra el gradiente osmótico. Los ejemplos de tales solutos incluyen iones, tales como iones de sodio, calcio, magnesio, potasio, bario, estroncio, cloruro, sulfato, nitrato, bicarbonato, carbonato, bromuro y fluoruro. Particularmente cuando están presentes por encima de ciertas concentraciones, tales solutos pueden causar incrustaciones y/o suciedad. Por consiguiente, para reducir el riesgo de incrustaciones y/o suciedad, una parte de la solución de alimentación concentrada se elimina de la torre de enfriamiento como purga.

45 Además de contaminantes y/o solutos no deseados, la purga puede contener solutos deseables (por ejemplo, agentes osmóticos) y aditivos, tales como inhibidores de incrustaciones, inhibidores de la corrosión, biocidas y/o dispersantes. Por ejemplo, en una realización, la purga contiene componentes deseables, tales como sulfato de magnesio y, preferiblemente, aditivos, tales como inhibidores de incrustaciones, inhibidores de corrosión, biocidas y/o dispersantes.

Al seleccionar una membrana que tenga las características apropiadas, es posible retener al menos algunos de estos componentes deseables en el lado retenido de la membrana, mientras se permite que los componentes no deseados, como los iones de sodio y cloruro, atraviesen la membrana juntos con el solvente como filtrado. Por ejemplo, en una realización, la purga contiene sulfato de magnesio y cloruro de sodio.

Cuando se hace pasar la purga a través de la membrana, se evita en gran parte que el sulfato de magnesio pase a través de los poros de la membrana, mientras que los iones sodio y cloruro se dejan pasar preferiblemente a través de la membrana. La solución de filtrado, por lo tanto, es una solución diluida de cloruro de sodio (con algo de sulfato de magnesio) mientras que el retenido es una solución concentrada de sulfato de magnesio (con algo de cloruro de sodio).

Se emplea una membrana de nanofiltración para retener algunos de los constituyentes deseables en el lado del producto retenido de la membrana, mientras que permite que algunos de los constituyentes indeseables pasen a través de la membrana junto con algo del solvente como filtrado.

La nanofiltración es particularmente adecuada para separar las especies de soluto grandes de la purga del resto de la solución.

Las membranas de nanofiltración adecuadas incluyen membranas de poliamida entrecruzadas, tales como membranas de poliamida aromática entrecruzadas. Las membranas pueden colarse como una "capa de recubrimiento" en la parte superior de un soporte formado, por ejemplo, de una lámina de polímero microporoso. La membrana resultante tiene una estructura compuesta (por ejemplo, una estructura compuesta de película delgada).

Típicamente, las propiedades de separación de la membrana están controladas por el tamaño de poro y la carga eléctrica de la "capa de recubrimiento". Las membranas pueden ser adecuadas para la separación de componentes que tienen un tamaño de 0.01 a 0.001 micrones y pesos moleculares de 100 mol⁻¹ o superiores, por ejemplo, 200 gmol⁻¹ y superiores.

Además de filtrar partículas de acuerdo con el tamaño, las membranas de nanofiltración también pueden filtrar partículas de acuerdo con sus propiedades electrostáticas. Por ejemplo, en ciertas realizaciones, la carga superficial de la membrana de nanofiltración puede controlarse para proporcionar las propiedades de filtración deseadas. Por ejemplo, el interior de al menos algunos de los poros de la membrana de nanofiltración puede estar cargado negativamente, que restringe o que previene el paso de especies aniónicas, particularmente aniones multivalentes.

Ejemplos de membranas de nanofiltración adecuadas incluyen membranas Desal-5 (Desalination Systems, Escondido, California), SR 90, NF 90, NF 70, NF 50, NF 40 y NF 40 HF (FilmTech Corp., Minneapolis, Minn), Membrana SU 600 (Toray, Japón) y membranas NRT 7450 y NTR 7250 (Nitto Electric, Japón).

Las membranas de nanofiltración pueden empacarse como módulos de membrana. Pueden emplearse membranas de enrolladas en espiral y membranas tubulares, por ejemplo, encerradas en una concha.

Alternativamente, las membranas pueden proporcionarse como una placa o en un marco

La solución de purga concentrada del lado retenido de la membrana se pone en contacto con un lado de una segunda membrana, mientras que una solución tiene una concentración de soluto menor que la solución de purga concentrada con el lado opuesto de la segunda membrana, de manera que ese solvente fluye a través de la segunda membrana para diluir la solución de purga concentrada por ósmosis directa.

Este paso de ósmosis directa se lleva a cabo usando la misma unidad de ósmosis directa usada para extraer el solvente de la solución fuente a la solución de extracción.

En cualquiera de los pasos de ósmosis directa de la presente invención, el solvente pasa preferiblemente a través de la membrana en forma líquida.

La solución de purga diluida se introduce luego en la torre de enfriamiento.

Estos y otros aspectos de la presente invención se describirán ahora con referencia al dibujo que es un diagrama esquemático de un esquema de flujo para llevar a cabo un proceso de acuerdo con una realización de la presente invención.

El dibujo representa un esquema de flujo para llevar a cabo un proceso de acuerdo con una realización de la presente invención. El esquema representa una torre 10 de enfriamiento, una unidad 12 de ósmosis directa, una unidad 14 de nanofiltración y un intercambiador 16 de calor.

Los números en el dibujo (Figura 1) muestran las siguientes características:

ES 2 666 348 T3

- 30 Pérdida de desviación
- 32 Evaporación
- 34 Agente osmótico recirculado
- 36 Agente Osmótico Concentrado
- 5 38 Rechazo del sistema de ósmosis manipulada
- 40 Purga
- 42 Alimentación de agua de mar o salobre.

10 El agua de mar 18 se pone en contacto con un lado de una membrana selectiva en la unidad 12 de ósmosis directa. Una solución 20 de sulfato de magnesio que contiene agentes de antiincrustación se pone en contacto con el lado opuesto de la membrana selectiva. La solución 20 de sulfato de magnesio tiene una concentración de soluto más alta que el agua de mar y la diferencia en el potencial osmótico entre las dos soluciones hace que el agua fluya a través de la membrana para diluir la solución de sulfato de magnesio. Aunque se evita en gran parte que los iones sodio y cloruro pasen a través de la membrana, algo de cloruro de sodio atraviesa la membrana y esto contamina la solución 20 de sulfato de magnesio.

15 La solución 20 de sulfato de magnesio diluida se usa como refrigerante en un intercambiador de calor 16. La temperatura de la solución 20 de sulfato de magnesio aumenta a medida que elimina el calor del sistema que se va a enfriar.

20 La solución 20 de sulfato de magnesio caliente se introduce luego en la torre 10 de enfriamiento. En la torre 10 de enfriamiento, la solución 20 de sulfato de magnesio se gotea o se atomiza a través de la plataforma, mientras se sopla aire a través de la plataforma, que evapora así agua de la solución. La evaporación disminuye la temperatura de la solución 20 de sulfato de magnesio y la solución 20 enfriada de sulfato de magnesio se recicla a la unidad 12 de ósmosis directa. A medida que se elimina más agua de la solución de sulfato de magnesio, la solución se concentra cada vez más. Por consiguiente, la concentración de cloruro de sodio en la solución 20 de sulfato de magnesio aumenta y esto puede aumentar el riesgo de suciedad en el sistema.

25 Para reducir el riesgo de suciedad, una porción de la solución de sulfato de magnesio concentrada se elimina de la torre 10 de enfriamiento como purga 22. La corriente de purga se pasa a través de una membrana en la unidad 14 de nanofiltración. Los poros de la membrana de nanofiltración están dimensionados para permitir que los iones de sodio y cloruro pasen a través de la membrana como parte del filtrado. Sin embargo, los iones sulfato de magnesio y los aditivos de antiincrustación son demasiado grandes para pasar a través de los poros de la membrana y se retienen en el lado retenido de la membrana. Esta solución concentrada de retenido se introduce en la unidad 12 de ósmosis directa y se usa para extraer agua del agua de mar por ósmosis directa.

30 El filtrado de la unidad 14 de nanofiltración se descarta.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un proceso para operar una torre (10) de enfriamiento, donde dicho proceso comprende: preparar la solución (20) de extracción disolviendo una o más sales solubles en agua en agua, posicionar una membrana entre una solución (18) fuente y una solución de extracción, en el que la solución de extracción se prepara con una concentración de soluto más alta que la solución fuente, tal que el solvente de la solución fuente fluye a través de la membrana para diluir la solución de extracción, introducir la solución de extracción diluida en la torre de enfriamiento como la solución (34) de alimentación, evaporar el agua de la solución de alimentación para producir una solución concentrada, eliminar (i) una porción de la solución concentrada como purga (22), y (ii) una porción (36) adicional de la solución concentrada, pasar al menos una porción de la purga (22) a través de una primera membrana, en el que la primera membrana es una membrana (14) de nanofiltración, de modo que parte del soluto en la purga (22) se retiene como una solución de purga concentrada en el lado del retenido de la primera membrana (14), y en el que la solución (40) del lado del filtrado de la primer membrana (14) se descarta o usa en otro proceso, poner en contacto la porción (36) adicional de la solución concentrada y al menos una porción de la solución de purga concentrada con un lado de una segunda membrana (12) y poner en contacto una solución (18) que tiene una concentración de soluto más baja que la solución combinada de purga concentrada y la porción (36) adicional de la solución concentrada con el lado opuesto de la segunda membrana (12), de manera que el agua fluye a través de la segunda membrana para diluir la solución de purga concentrada por ósmosis directa, y volver a introducir la solución de purga (34) diluida en la torre (10) de enfriamiento.
- 10
- 15
- 20
2. Un proceso como se reivindicó en la reivindicación 1, en el que la solución fuente comprende agua de mar, agua salobre, agua de río, agua de lago y/o aguas residuales.
- 25
3. Un proceso como se reivindicó en la reivindicación 1 o 2, en el que la sal es sulfato de magnesio.
4. Un proceso como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que un aditivo seleccionado de un inhibidor de incrustaciones, inhibidor de corrosión, biocida y/o dispersante está incluido en la solución de extracción.
- 30
5. Un proceso como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la solución de extracción se forma para estar libre de componentes que causan suciedad en la torre de enfriamiento, en el que los componentes se seleccionan de partículas suspendidas y/o materia biológica.

Figura 1

