

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 938 986**

51 Int. Cl.:

C02F 1/44 (2006.01)
B01D 61/06 (2006.01)
B01D 61/12 (2006.01)
F16K 17/06 (2006.01)
F16K 31/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.05.2019 PCT/GB2019/051208**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **27.02.2020 WO20039158**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.05.2019 E 19723170 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.01.2023 EP 3841066**

54 Título: **Sistema y método de desalinización**

30 Prioridad:

23.08.2018 GB 201813792

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.04.2023

73 Titular/es:

**THE UNIVERSITY OF BIRMINGHAM (100.0%)
Edgbaston
Birmingham, West Midlands B15 2TT, GB**

72 Inventor/es:

DAVIES, PHILIP ANDREW

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 938 986 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

Sistema y método de desalinización

Campo de la invención

- 5 La invención se refiere a un sistema de desalinización y a un método de operación de un sistema de desalinización.

Antecedentes

Los sistemas de desalinización tienen muchas aplicaciones industriales. Una aplicación, por ejemplo, es la separación de agua potable del agua subterránea que es salina y, por lo tanto, no apta para beber. Otras aplicaciones incluyen el tratamiento de agua de mar y de efluentes salinos producidos por fábricas textiles.

- 10 En aplicaciones de desalinización, surge frecuentemente la necesidad de maximizar la recuperación. El término recuperación se refiere al volumen de agua dulce producido a la salida del sistema como fracción del volumen de agua salina suministrada a la entrada. Frecuentemente se desea una alta recuperación para maximizar la salida útil del sistema y minimizar la entrada requerida.

- 15 El documento CN 100 341 609 C describe un dispositivo de recuperación de energía de salmuera concentrada basado en tecnología de desalinización por ósmosis inversa, el dispositivo que incluye un cilindro hidráulico con un pistón conectado a una varilla guía, una válvula de solenoide de tres caminos conectada a un extremo del cilindro hidráulico y dos puertos conectados a salidas de bombas de agua de alimentación de baja presión y alta presión.

El documento KR 2017 0004630 A describe una válvula de control mejorada de recuperación de energía en un aparato de desalinización por ósmosis inversa.

- 20 El documento ES2396280 A1 describe un sistema híbrido modular para ahorrar energía en la desalinización por ósmosis inversa.

Compendio de la invención

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un sistema de desalinización que comprende:

- 25 un contenedor dividido que aloja una división móvil que divide el contenedor en un compartimento aguas arriba y un compartimento aguas abajo, cada uno de volumen variable, el contenedor dividido que tiene un primer puerto de entrada en un extremo aguas arriba del contenedor, un segundo puerto de entrada en un extremo aguas abajo del contenedor y un puerto de salida en el extremo aguas abajo del contenedor;

- 30 un contenedor de membrana que aloja una membrana semipermeable de flujo cruzado que divide el contenedor de membrana en un compartimento salino y un compartimento desalinizado, el compartimento salino que comprende un primer y segundo puertos de flujo cruzado, el compartimento desalinizado que comprende un puerto de salida de agua desalinizada;

una bomba de alimentación conectada para alimentar un suministro de agua salina al primer puerto de entrada;

una bomba de recarga que tiene una entrada conectada al segundo puerto de flujo cruzado y una salida conectada al segundo puerto de entrada para alimentar agua salina en el compartimento aguas abajo;

- 35 una válvula principal conectada entre el puerto de salida y el primer puerto de flujo cruzado;

una válvula de derivación conectada en un lado al primer puerto de entrada y en otro lado al segundo puerto de flujo cruzado y la entrada de la bomba de recarga; y

una válvula de purga conectada en un lado al primer puerto de flujo cruzado y a la válvula principal y en otro lado a un puerto de purga.

- 40 La invención descrita aquí es particularmente útil para lograr una alta recuperación y producción de agua dulce/desalinizada sin incurrir en una penalización energética excesiva.

El sistema de desalinización puede comprender además un controlador conectado y configurado para operar el sistema de desalinización, el controlador configurado para:

- 45 en una primera etapa de presurización, cerrar la válvula de derivación y la válvula de purga, abrir la válvula principal y operar la bomba de alimentación para proporcionar un suministro de agua salina al compartimento aguas arriba del contenedor dividido, haciendo que la división se mueva y haciendo fluir, por ello, agua salina desde el compartimento aguas abajo hacia el compartimento salino del contenedor de membrana, causando por ello que el

agua desalinizada salga del compartimento desalinizado del contenedor de membrana a través del puerto de salida de agua desalinizada; y

- 5 en una segunda etapa de recarga, abrir la válvula de derivación y la válvula de purga, cerrar la válvula principal y operar la bomba de recarga y la bomba de alimentación para alimentar agua salina a la segunda entrada del contenedor dividido y dentro del compartimento salino del contenedor de membrana a través del segundo puerto de flujo cruzado para hacer que el agua salina fluya a través del puerto de purga a través del primer puerto de flujo cruzado.

En la primera etapa de presurización, el controlador se puede configurar para operar la bomba de recarga para alimentar agua salina desde el compartimento salino a la segunda entrada del contenedor dividido.

- 10 El controlador se puede configurar para repetir las etapas de presurización y recarga.

El sistema de desalinización puede comprender además un primer sensor dispuesto para proporcionar una señal para detectar cuándo la división móvil, en la etapa de recarga, ha alcanzado el extremo aguas arriba del contenedor dividido, el controlador configurado para finalizar la etapa de recarga tras la detección de la señal del primer sensor.

- 15 El sistema de desalinización puede comprender además un segundo sensor dispuesto para proporcionar una señal para detectar cuándo la división móvil, en la etapa de presurización, ha alcanzado el extremo aguas abajo del contenedor dividido, el controlador configurado para finalizar la etapa de presurización tras la detección de la señal del segundo sensor

El contenedor dividido puede ser un recipiente cilíndrico y la división móvil puede ser un pistón montado de manera deslizante dentro del recipiente cilíndrico.

- 20 El contenedor de membrana puede ser un recipiente cilíndrico.

Cuando el contenedor dividido es un primer contenedor dividido, y el contenedor de membrana es un primer contenedor de membrana, el sistema de desalinización puede comprender, además:

- 25 uno o más contenedores divididos adicionales, cada uno que aloja una división móvil que divide el contenedor en un compartimento aguas arriba y un compartimento aguas abajo cada uno de volumen variable, cada contenedor dividido adicional que tiene un primer puerto de entrada en un extremo aguas arriba del contenedor, un segundo puerto de entrada en un extremo aguas abajo del contenedor y un puerto de salida en el extremo aguas abajo del contenedor;

- 30 uno o más contenedores de membrana adicionales, cada uno que aloja una membrana semipermeable de flujo cruzado que divide el contenedor de membrana en un compartimento salino y un compartimento de agua desalinizada, el compartimento salino que comprende un primer y segundo puertos de flujo cruzado, el compartimento de agua desalinizada que comprende un puerto de salida de agua desalinizada,

- 35 en donde la bomba de alimentación está conectada para alimentar el suministro de agua salina al primer puerto de entrada de cada contenedor dividido, la bomba de recarga está conectada entre el segundo puerto de flujo cruzado de cada contenedor de membrana y el segundo puerto de entrada de cada contenedor dividido para alimentar agua salina dentro del compartimento aguas abajo de cada contenedor, la válvula principal está conectada entre el puerto de salida de cada contenedor dividido y el primer puerto de flujo cruzado de cada contenedor de membrana, la válvula de derivación está conectada en un lado al puerto de entrada de cada contenedor dividido y en el otro lado al segundo puerto de flujo cruzado de cada contenedor de membrana, y la válvula de purga está conectada en un lado al primer puerto de flujo cruzado de cada contenedor de membrana.

- 40 La membrana semipermeable puede ser del tipo de ósmosis inversa.

El controlador se puede configurar para controlar eléctricamente la operación de la válvula principal, la válvula de derivación y la válvula de purga. En otras disposiciones, el controlador se puede configurar para controlar la operación de la válvula de purga eléctricamente y en donde la válvula principal y la válvula de derivación se accionan entre una posición abierta y una posición cerrada por un nivel de presión de agua dentro del sistema.

- 45 La válvula principal se puede configurar para abrirse cuando el nivel de presión de agua dentro del sistema está por encima de un nivel de presión umbral y la válvula de derivación se puede configurar para abrirse cuando el nivel de presión de agua está por debajo del nivel de presión umbral.

En algunas realizaciones, la válvula principal puede comprender:

- 50 un alojamiento que tiene una entrada y una salida;
un émbolo montado de manera deslizante en el alojamiento y que tiene una superficie de sellado dispuesta para sellarse contra una superficie interna del alojamiento para evitar un flujo entre la entrada y la salida; y

un elemento de desviación dispuesto para desviar la superficie de sellado lejos de la superficie interna del alojamiento para mantener un camino de flujo entre la entrada y la salida cuando el nivel de presión de agua dentro de la válvula principal es menor que el nivel de presión umbral y para cerrar el camino de flujo cuando el nivel de presión de agua dentro de la válvula principal es mayor que el nivel de presión umbral.

5 En algunas realizaciones, la válvula de derivación puede comprender:

un alojamiento que tiene una entrada y una salida;

un émbolo montado de manera deslizante en el alojamiento y que tiene una superficie de sellado dispuesta para sellarse contra una superficie interna del alojamiento para evitar un flujo entre la entrada y la salida; y

10 un elemento de desviación dispuesto para desviar la superficie de sellado contra la superficie interna del alojamiento para cerrar un camino de flujo entre la entrada y la salida cuando el nivel de presión de agua dentro de la válvula de derivación es menor que el nivel de presión umbral y para abrir el camino de flujo cuando el nivel de presión de agua dentro de la válvula de derivación es mayor que el nivel de presión umbral.

El nivel de presión umbral puede estar alrededor de 1 bar manométrico, es decir, una diferencia de 1 bar entre el nivel de presión de agua en el sistema y la presión atmosférica externa.

15 De acuerdo con un segundo aspecto, se proporciona un método de operación de un sistema de desalinización, el sistema de desalinización que comprende:

20 un contenedor dividido que aloja una división móvil que divide el contenedor en un compartimento aguas arriba y un compartimento aguas abajo, cada uno de volumen variable, el contenedor dividido que tiene un primer puerto de entrada en un extremo aguas arriba del contenedor, un segundo puerto de entrada en un extremo aguas abajo del contenedor y un puerto de salida en el extremo aguas abajo del contenedor;

un contenedor de membrana que aloja una membrana semipermeable de flujo cruzado que divide el contenedor de membrana en un compartimento salino y un compartimento de agua desalinizada, el compartimento salino que comprende un primer y segundo puertos de flujo cruzado, el compartimento de agua desalinizada que comprende un puerto de salida de agua desalinizada;

25 una bomba de alimentación conectada para alimentar un suministro de agua salina al primer puerto de entrada;

una bomba de recarga conectada entre el segundo puerto de flujo cruzado y el segundo puerto de entrada para alimentar agua salina al compartimento aguas abajo;

una válvula principal conectada entre el puerto de salida y el primer puerto de flujo cruzado;

30 una válvula de derivación conectada en un lado al puerto de entrada y en otro lado al segundo puerto de flujo cruzado y la bomba de recarga; y

una válvula de purga conectada en un lado al primer puerto de flujo cruzado y la válvula principal y en otro lado a un puerto de purga,

el método que comprende:

35 en una primera etapa de presurización, cerrar la válvula de derivación y la válvula de purga, abrir la válvula principal y operar la bomba de alimentación para proporcionar un suministro de agua salina al compartimento aguas arriba del contenedor dividido, haciendo que la división se mueva y fluyendo por ello agua salina desde el compartimento aguas abajo dentro del compartimento salino del contenedor de membrana, causando por ello que el agua desalinizada salga del compartimento de agua desalinizada del contenedor de membrana a través del puerto de salida de agua desalinizada; y

40 en una segunda etapa de recarga, abrir la válvula de derivación y la válvula de purga, cerrar la válvula principal y operar la bomba de recarga y la bomba de alimentación para alimentar agua salina a la segunda entrada del contenedor dividido, dentro del compartimento salino del contenedor de membrana a través del segundo puerto de flujo cruzado y fuera a través del puerto de purga a través del primer puerto de flujo cruzado.

45 La primera etapa de presurización puede comprender operar la bomba de recarga para alimentar agua salina desde el compartimento salino hasta la segunda entrada del contenedor dividido.

El método puede comprender repetir las etapas de presurización y recarga.

El método puede comprender detectar una señal de un primer sensor cuando la división móvil, en la etapa de recarga, ha alcanzado el extremo aguas arriba del contenedor dividido, y finalizar la etapa de recarga tras la detección de la señal del primer sensor.

El método puede comprender detectar una señal de un segundo sensor cuando la división móvil, en la etapa de presurización, ha alcanzado el extremo aguas abajo del contenedor dividido, y finalizar la etapa de presurización tras la detección de la señal del segundo sensor.

Otras características del primer aspecto también se pueden aplicar al método según el segundo aspecto.

5 Descripción detallada

La invención se describe con más detalle a continuación a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

la figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema de desalinización de ejemplo;

10 la figura 2 es un diagrama esquemático del sistema de desalinización de ejemplo en una primera etapa de operación;

la figura 3 es un diagrama esquemático del sistema de desalinización de ejemplo en una segunda etapa de operación;

la figura 4 es un diagrama esquemático de un sistema de desalinización de ejemplo alternativo, en el que se usa una pluralidad de recipientes para un aumento de producción de agua desalinizada;

15 la figura 5 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra un método de ejemplo de operación de un sistema de desalinización;

la figura 6 es un dibujo en sección esquemático de una válvula accionada por presión de ejemplo en una posición cerrada;

la figura 7 es un dibujo en sección esquemático de la válvula de la figura 6 en una posición abierta;

20 la figura 8 es un dibujo en sección esquemático de una válvula accionada por presión de ejemplo alternativo en una posición cerrada;

la figura 9 es un dibujo en sección esquemático de la válvula de la figura 8 en una posición abierta;

la figura 10 es un dibujo en sección esquemático de un ejemplo alternativo de una válvula del tipo de la figura 6 en una posición cerrada;

25 la figura 11 es un dibujo en sección esquemático de la válvula de la figura 10 en una posición abierta;

la figura 12 es un dibujo en sección esquemático de un ejemplo alternativo de una válvula del tipo de la figura 8 en una posición cerrada; y

la figura 13 es un dibujo en sección esquemático de la válvula de la figura 12 en una posición abierta.

30 Un tipo de ejemplo común de sistema de desalinización se conoce como sistema de flujo continuo, en el que el agua salada se bombea a presión de manera que fluya tangencialmente a la superficie de una membrana semipermeable. En el punto donde el agua salina se recoge y se desvía lejos de la membrana, su concentración se aumenta mucho. En correspondencia con esta alta concentración, resulta una alta presión osmótica y se requiere una alta presión operativa. Esta presión determina el consumo de energía de la bomba de alimentación según la relación bien conocida:

35
$$\text{Potencia} = \text{caudal volumétrico de agua suministrada} \times \text{presión de operación}$$

Por consiguiente, la alta presión de operación da como resultado un aumento de potencia y, por tanto, un alto consumo de energía eléctrica por la bomba de alimentación. Tal alto consumo de energía es indeseable porque es costoso para la operación del sistema de desalinización y puede ser dañino para el medio ambiente.

40 Un segundo ejemplo se conoce como sistema de desalinización por semilotes, como se describe, por ejemplo, en el documento US 4.983.301. En este sistema, la presión se varía cuidadosamente en el tiempo de modo que solamente se suministre la presión requerida para impulsar el agua a través de la membrana en cada instante. Sin embargo, un inconveniente del sistema por semilotes es la mezcla del agua salina entrante con agua salina más concentrada ya contenida en el sistema, lo que da como resultado un uso de energía ineficiente e innecesario.

45 Un tercer ejemplo es el sistema de desalinización por lotes, como se describe en la referencia de Davies et al., en "A desalination system with efficiency approaching the theoretical limits", *Desalination and Water Treatment*, 57 (2016) 23206-23216. Este sistema está diseñado para evitar el problema de mezcla antes mencionado. No obstante, el sistema de desalinización por lotes existente tiene una producción diaria limitada asociada con su manera de operación. Su operación requiere tres etapas: (i) una etapa de presurización; (ii) una etapa de purga; y (iii) una etapa

de recarga. Sin embargo, la salida útil ocurre solamente durante la primera de estas etapas. Las pausas en la producción a lo largo de la segunda y tercera etapas reducen la producción diaria del sistema.

Según la invención descrita en la presente memoria, se proporciona un sistema de desalinización que permite un método de desalinización por lotes que es cíclico y requiere solamente dos etapas de operación, esto es: (i) una etapa de presurización y (ii) una etapa de purga-recarga. El sistema, como se ilustra en la figura 1, comprende un primer contenedor dividido 101 y un segundo contenedor de membrana 104, por lo que el contenedor dividido 101 está dividido por una división móvil o pistón 102 en un compartimento aguas arriba 114 y un compartimento aguas abajo 115. Se proporciona un suministro de agua salina presurizada al compartimento aguas arriba 114 mediante una primera bomba de alimentación 108, lo que hace que el volumen del compartimento aguas arriba 114 (que puede ser inicialmente cero) aumente gradualmente de manera que la división 102 se mueva, desplazando el agua salina del compartimento aguas abajo 115 y dentro del contenedor de membrana 104, haciendo de este modo que el agua desalinizada penetre a través de una membrana semipermeable 105 que se extiende a través del contenedor de membrana 104. La membrana 105 se ilustra esquemáticamente en la figura 1 como que se extiende diagonalmente a través del contenedor de membrana 104, aunque en la práctica la geometría de la membrana puede tomar varias formas, tales como una geometría enrollada en espiral o de fibra hueca para aumentar el área superficial disponible de la membrana 105. Cuando el tabique 102 alcanza el final de su recorrido, se devuelve a su posición inicial por una segunda bomba de recarga de baja presión 109 que recarga el compartimento aguas abajo 115 mientras que una válvula de derivación 111 permite alimentar el agua proporcionada por la primera bomba 108 para purgar el contenedor de membrana 104. La invención permite de este modo que el período improductivo de purga y recarga se minimice llevando a cabo la purga y recarga simultáneamente. Las dos etapas de operación pueden repetirse continua e indefinidamente de una manera cíclica.

En algunos ejemplos, el primer y/o segundo contenedores 101, 104 se pueden dividir en múltiples recipientes conectados en paralelo, para permitir que el sistema de desalinización 100 proporcione una mayor producción a través de la operación en paralelo de recipientes más pequeños fácilmente construidos.

Las ventajas relacionadas con la invención incluyen:

1. Consumo de energía mínimo durante la operación
2. Alta recuperación de agua dulce a partir de agua salada
3. Gran producción diaria de agua desalinizada
4. Simplicidad en el diseño minimizando el número de válvulas requeridas.

La Figura 1 muestra un sistema de desalinización 100 de ejemplo, en el que un contenedor dividido 101 proporciona un suministro de agua salada a un contenedor de membrana o recipiente 104 que contiene una membrana semipermeable 105 para proporcionar un suministro de agua desalinizada a través de un puerto de salida 113. La membrana semipermeable 105 divide el contenedor de membrana 104 en un compartimento salino 131 y un compartimento desalinizado 132. El contenedor dividido es en este ejemplo un recipiente cilíndrico 101, que aloja un pistón 102, el pistón 102 que está montado de manera deslizable dentro del recipiente cilíndrico 101. El recipiente 101 puede estar hecho de plástico reforzado con fibra de vidrio, acero inoxidable o algún otro material resistente a la presión y a la corrosión por agua salina. El diámetro interno del recipiente 101 puede ser típicamente de cuatro pulgadas (aproximadamente 10,2 cm). El pistón 102 está mecanizado a un diámetro apenas inferior a cuatro pulgadas, lo que le permite deslizarse libremente dentro del recipiente cilíndrico 101. Para evitar que el agua se filtre entre los compartimentos a ambos lados del pistón, el pistón puede estar equipado con un sello de junta tórica 103. Alternativamente, el pistón 102 se puede mecanizar con una tolerancia suficientemente estrecha para evitar fugas significativas y, por lo tanto, sin necesidad de ningún sello.

El recipiente 104 que contiene la membrana 105 puede tener la forma de un segundo recipiente cilíndrico que aloja un elemento de membrana semipermeable 105 de un tipo que permite que ocurra un flujo cruzado, ya que es importante barrer la solución salina concentrada de la superficie de la membrana 105. El primer y segundo puertos de flujo cruzado 106 y 107 permiten que el flujo cruzado entre y salga respectivamente del recipiente 104 en ambas direcciones, es decir, fluyendo hacia dentro a través del segundo puerto de flujo cruzado 107 y hacia fuera a través del primer puerto de flujo cruzado 106, y viceversa. El elemento de membrana 105 usado puede ser del tipo de ósmosis inversa enrollado en espiral, tal como se usa comúnmente en la industria de la desalinización. También se pueden usar membranas de ósmosis inversa de fibra hueca o de lámina plana.

La figura 1 muestra también una primera bomba de alimentación de alta presión 108 y una segunda bomba de recarga de baja presión 109. La primera bomba 108 proporciona un suministro de agua salina a una primera entrada 121 del recipiente cilíndrico 101. Una válvula de derivación 111 conectada entre la primera bomba 108 y el segundo puerto de flujo cruzado 107 permite, cuando se abre, que el agua salina de la bomba de alimentación 108 pase por alto el recipiente cilíndrico 101 y fluya hacia el compartimento salino 131 del contenedor de membrana 104 a través del segundo puerto de flujo cruzado 107 y a la bomba de recarga 109 a una segunda entrada 122 situada en un extremo opuesto aguas abajo del recipiente cilíndrico 101 a la primera entrada 121. Una válvula de purga 112 conectada entre el primer puerto de flujo cruzado 106 y una salida de purga 123 permite, cuando se abre, que el

agua salina concentrada del compartimento salino 131 del contenedor de membrana 104 fluya desde el primer puerto de flujo cruzado 106 hasta la salida de purga 123. Una válvula principal 110 conectada entre el primer puerto de flujo cruzado 106 y un puerto de salida 124 del contenedor dividido 101 permite, cuando se abre, que fluya agua salina desde la salida 124 hasta el primer puerto de flujo cruzado 106 del contenedor de membrana 104. Las

5 válvulas 110, 111, 112 pueden ser válvulas de solenoide. Para minimizar el consumo de energía eléctrica al accionar las válvulas, la válvula principal 110 puede ser del tipo normalmente abierta, mientras que la válvula de derivación 111 y la válvula de purga 112 pueden ser del tipo normalmente cerrada. Las válvulas 110, 111, 112 pueden estar motorizadas o ser accionadas neumáticamente, o pueden, en algunos casos, en particular para las válvulas de derivación y principal 111, 110, ser accionadas por presión, como se describe con más detalle a continuación.

10 Una unidad de control eléctrico o controlador 125 está conectada y configurada para operar las válvulas 110, 111, 112 en respuesta a los sensores 126, 127 dispuestos para detectar la posición del pistón 102. Se puede proporcionar un primer sensor 126 en la segunda entrada 122 para detectar cuándo el pistón 102 se ha movido de vuelta a la posición inicial, es decir, el extremo aguas arriba hacia el primer extremo de entrada 121 del recipiente 101. Se puede proporcionar un segundo sensor 127 en la entrada 121 para detectar cuándo el pistón 102 se ha

15 movido hacia el extremo aguas abajo del recipiente 101. Los sensores 126, 127 pueden ser sensores de presión o de flujo. Para un sensor de presión, se producirá un aumento de presión en los compartimentos aguas arriba o aguas abajo 114, 115 cuando el pistón 102 alcance cualquiera de los extremos del recipiente 101, lo que se puede detectar por el sensor correspondiente 126, 127. Una diferencia de presión entre los sensores 126, 127 colocados en o cerca de la salida 124 y la entrada 127, respectivamente, se puede usar para detectar cuándo el pistón 102 ha alcanzado cualquiera de los extremos del recipiente 101. Para un sensor de flujo, se producirá una reducción en el

20 caudal cuando el pistón 102 alcance cualquiera de los extremos del recipiente 101. El primer sensor 126 puede ser, por ejemplo, un sensor de presión, ya que la presión disponible de la primera bomba 108 es mayor. El segundo sensor 127 puede ser un sensor de flujo, dado que la variación de presión será menor cuando el pistón 102 ha vuelto al extremo aguas arriba del recipiente 101. En una disposición alternativa, los sensores 126, 127 pueden ser sensores de proximidad, configurados para proporcionar una señal cuando el pistón 102 está en las inmediaciones del sensor, detectando por ello cuándo el pistón 102 está en el extremo aguas arriba o aguas abajo del contenedor dividido 101.

Los diversos componentes del sistema de desalinización 100 se pueden conectar mediante tuberías resistentes a la presión y a la corrosión, como se indica mediante líneas continuas en la Figura 1. Estas tuberías típicamente están

30 construidas con policloruro de vinilo o acero inoxidable y conectadas mediante roscas o pestañas, usando técnicas que serán bien conocidas por los expertos en la técnica de diseño y construcción de sistemas de desalinización.

El agua de alimentación salina entra en el sistema en la entrada 128 de la bomba de alimentación 108, y se separa en agua desalinizada que sale a través del puerto de permeado 113, mientras que el agua salina concentrada sale a través de la válvula de purga 112 y el puerto de purga 123. Como se mencionó anteriormente, el método de

35 operación mediante el cual se logra esta separación comprende solo dos etapas: presurización y purga-recarga, como se explica a continuación con referencia a las Figuras 2 y 3 respectivamente. En estas dos figuras, las tuberías que transportan un flujo de agua se indican mediante líneas continuas, mientras que las que no transportan flujo se indican mediante líneas discontinuas. El flujo se activa y desactiva mediante las respectivas válvulas solenoide 110, 111, 112. Las posiciones cerradas de las válvulas 110, 111, 112 se indican mediante un sombreado continuo,

40 mientras que las posiciones abiertas se indican mediante válvulas dibujadas con contorno sin sombreado.

La Figura 2 muestra específicamente la disposición del sistema 100 en la etapa de presurización, durante la cual la bomba de alimentación 108 suministra agua salina al compartimento aguas arriba 114 en el lado izquierdo del pistón 102. En esta etapa, las válvulas de purga y de derivación 112, 111 están cerradas, mientras que la válvula principal 110 está abierta. La bomba de alimentación 108 hace que el agua en el compartimento aguas arriba 114 llegue a ser

45 presurizada, de manera que la acción del agua presurizada sobre el pistón 102 haga que se deslice hacia la derecha, desplazando de este modo el agua salina retenida en el compartimento aguas abajo 115 y haciendo que el agua fluya bajo presión hacia el compartimento salino 131 del recipiente de membrana 104 a través del primer puerto de flujo cruzado 106. Para inducir el flujo cruzado en el compartimento salino 131, la bomba de baja presión 109 extrae agua salina del compartimento salino 131 a través del segundo puerto de flujo cruzado 107 y lo devuelve al compartimento aguas abajo 115 en un bucle de recirculación que se activa mediante la apertura de la válvula principal 110. La recirculación de agua a un caudal más alto, por ejemplo, a un caudal varias veces mayor que el

50 flujo de la bomba de alimentación 108, tiene la ventaja de mantener el flujo bien mezclado y uniformemente concentrado a lo largo del circuito. Esta característica de recirculación rápida es importante para mitigar las altas concentraciones de sal localizadas, conocidas como polarización de concentración. La recirculación rápida también mitiga un gradiente de concentración a lo largo de la membrana 105 del contenedor de membrana 104, que de otro modo daría lugar a una alta presión osmótica en el puerto de salida 113 y, de este modo, a una mayor potencia de bombeo requerida. Por lo tanto, en un aspecto general, la bomba de recarga 109 está configurada para bombear a un caudal de dos o más veces el de la bomba de alimentación 108, por ejemplo, a un caudal de entre dos y diez

55 veces el de la bomba de alimentación 108. El movimiento hacia la derecha del pistón 102 hace que el volumen dentro de este circuito disminuya gradualmente, a medida que el agua dulce atraviesa la membrana 105 para su recogida a través del puerto de salida de permeado 113, mientras que la concentración de agua salada en el circuito aumenta gradualmente.

60

Una vez que el pistón 102 se ha movido completamente hacia la derecha, el agua salina alcanza una concentración máxima y necesita ser purgada del sistema. Por consiguiente, ahora comienza la etapa de purga-recarga, o recarga, ilustrada en la Figura 3. La purga se logra abriendo tanto la válvula de derivación 111 como la válvula de purga 112, permitiendo de este modo que un volumen de agua sea suministrado por la bomba de alimentación 108 al compartimento salino 131 del recipiente dividido 104 a través del segundo puerto de flujo cruzado 107 y que la solución salina concentrada salga del sistema 100 a través de la válvula de purga 112 y el puerto de purga 123. Simultáneamente, la válvula principal 110 se cierra, de manera que la bomba de recarga de baja presión 109 ya no induce la recirculación a través del compartimento salino 131 del contenedor de membrana 104. En su lugar, el flujo de agua salina desde la bomba de recarga 109 hacia el compartimento aguas abajo 115 hace que el pistón 102 se mueva de vuelta hacia su posición inicial en el extremo aguas arriba del contenedor dividido 101, es decir, completamente a la izquierda del contenedor 101 con referencia a Figura 3. El agua desplazada de este modo desde el compartimento aguas arriba 114 fluye hacia la entrada de la bomba de baja presión 109 a través de la válvula de derivación 111.

La Figura 4 muestra un ejemplo alternativo que comprende una pluralidad de contenedores divididos 401a-c y una pluralidad de contenedores de membrana 404a-c para un aumento de producción de agua desalinizada. En este ejemplo, tres contenedores cilíndricos 401a-c idénticos alojan un pistón 402a-c, respectivo. Un colector de tuberías 441 conecta los tres contenedores divididos 401a-c en los extremos aguas arriba de la izquierda, proporcionando un compartimento aguas arriba interconectado. De manera similar, los colectores de tuberías 442 y 443 conectan los contenedores divididos 401a-c en los extremos de la derecha, aguas abajo, para proporcionar un compartimento aguas abajo interconectado. Los colectores 441, 442, 443 pueden ser de dimensiones uniformes, de modo que el agua fluya uniformemente entre los recipientes 401a-c, y los pistones 402a-c se muevan a la misma velocidad, alcanzando de este modo el final de cada carrera aproximadamente al mismo tiempo. Los contenedores de membrana 404a-c están conectados de manera similar por colectores de tuberías 444, 445, 446. Otras características del sistema de desalinización 400 son similares a las del sistema de desalinización 100 como se describió anteriormente, siendo la diferencia el uso de múltiples contenedores que operan en paralelo. El método de operación del sistema de desalinización 400 también puede ser similar al descrito anteriormente.

Se puede apreciar que el número de recipientes divididos 401a-c y recipientes de membrana 404a-c puede ser mayor que el mostrado, y el número de cada uno puede ser el mismo o diferente. En la práctica, se puede disponer un número sustancialmente mayor para proporcionar una producción de agua desalinizada que aumenta aproximadamente en proporción al número de contenedores usados.

En un método de operación de ejemplo, la etapa de presurización puede ser típicamente de alrededor de 2 minutos o 2,5 minutos de duración, mientras que la etapa de purga-recarga, o recarga, es típicamente de alrededor de 20 o 30 segundos de duración. En un aspecto general, la etapa de presurización puede ser típicamente de entre 1 y 5 minutos de duración, mientras que la etapa de recarga puede ser de entre 15 y 60 segundos en duración. La etapa de presurización, en otras palabras, puede durar entre 1 y 20 veces más que la etapa de recarga. Estas duraciones variarán según las condiciones de uso elegidas, pero generalmente la etapa de presurización durará varias veces más que, por ejemplo, más del doble que la etapa de purga-recarga y, en consecuencia, la pausa en la producción de agua durante la última etapa es relativamente breve. Como resultado, el uso de una válvula normalmente abierta para la válvula principal 110 y válvulas normalmente cerradas para las válvulas de purga y de derivación 112, 111 dará como resultado un ahorro de energía eléctrica cuando se opera el sistema de desalinización.

La Figura 5 ilustra en forma esquemática un método de operación de ejemplo para un sistema de desalinización de los tipos descritos anteriormente. En un primer paso 501, las válvulas de derivación y purga 111, 112 se cierran y la válvula principal 110 se abre. En un segundo paso 502, la bomba de alimentación 108 y la bomba de recarga 109 se operan para suministrar respectivamente agua salina al compartimento aguas arriba 114 del contenedor dividido 101 y para recircular agua salina a través del compartimento salino 131 del contenedor de membrana 104. En un tercer paso 503, se hace una comprobación en cuanto a si el pistón 102 ya ha alcanzado el extremo aguas abajo del contenedor dividido 101. Si no es así, el proceso continúa en el paso 502. Una vez que el pistón 102 ha alcanzado el extremo aguas abajo del contenedor dividido 101, el proceso pasa al paso 504, donde las válvulas de derivación y purga 111, 112 se abren y la válvula principal 110 se cierra. En el paso 505, se operan la bomba de alimentación 108 y la bomba de recarga 109 y en el paso 506 se hace una comprobación en cuanto a si el pistón 102 ya ha vuelto al extremo aguas arriba del contenedor dividido 101. Si no es así, el proceso continúa en el paso 505. Una vez que el pistón ha alcanzado el extremo aguas abajo del contenedor dividido 101, el proceso vuelve al paso 501 y el proceso comienza de nuevo.

Los pasos 503, 506 se pueden habilitar a través del uso de sensores, tales como los sensores 126, 127 como se describió anteriormente, para detectar cuándo el pistón 102 ha alcanzado el extremo aguas abajo y aguas arriba del contenedor dividido 101.

El sistema de desalinización 100, 400 como se describió anteriormente comprende tres válvulas: la válvula de derivación 111, la válvula principal 110 y la válvula de purga 112. Cada una de estas válvulas se puede controlar por un controlador 125 (figura 1), que proporciona señales eléctricas para accionar cada válvula en los puntos apropiados en las etapas de presurización y recarga. Las válvulas pueden ser, por ejemplo, válvulas de solenoide para permitir tal operación eléctrica. Sin embargo, las válvulas de solenoide y otras válvulas operadas eléctricamente

5 tienen ciertos inconvenientes, tales como el consumo continuo de energía cuando se accionan. Aunque las válvulas solamente se pueden accionar durante un período relativamente corto durante la etapa de recarga, el consumo de energía en este momento puede ser alto, aumentando de este modo el tamaño de la fuente de alimentación necesaria. Las válvulas de solenoide también son bastante costosas y no siempre fiables, y pueden restringir el flujo significativamente, aunque una ventaja es que son piezas estándar y, como tales, están fácilmente disponibles.

10 Una alternativa al uso de válvulas de solenoide u otras válvulas operadas eléctricamente para las válvulas de derivación y principal es usar válvulas que en su lugar sean accionadas por presión. Por lo tanto, tales válvulas pueden ser accionadas solo mediante la presión de agua dentro del sistema, sin que se requiera energía eléctrica para accionarlas. Solamente necesitará ser accionada eléctricamente la válvula de purga 112. El uso de válvulas accionadas por presión tiene la ventaja de reducir el consumo de energía del sistema y simplificar la circuitería de control.

15 Como se detalló anteriormente, el sistema opera cíclicamente, alternando entre una etapa de presurización productiva y una etapa de recarga no productiva (es decir, purga-recarga). Al comienzo de la etapa de presurización, la presión dentro del sistema aumenta rápidamente (típicamente durante un período de unos pocos segundos) para alcanzar una presión de, por ejemplo, alrededor de 5 bares manométricos inicialmente, luego aumenta gradualmente cada vez más hasta alcanzar una presión más alta típicamente de alrededor de 15 bares manométricos. Los valores exactos de las presiones dependerán de los niveles de salinidad y caudales, pero la presión durante la fase de presurización es relativamente alta y está dentro del rango de 5-15 bares aproximadamente. Al inicio de la etapa de recarga, cuando se abre la válvula de purga 112, la presión dentro del sistema caerá abruptamente en consecuencia a un valor menor que 1 bar manométrico, permaneciendo a baja presión a lo largo del resto de esta etapa. Este cambio sustancial en la presión significa que es posible usar válvulas accionadas por presión cargadas por resorte que respondan a la diferencia entre la presión interna y la presión atmosférica externa (es decir, la presión manométrica). La presión manométrica se puede usar para mover émbolos que están cargados por resorte y tienen una superficie de sellado que puede o bien bloquear o bien permitir el flujo a través de la válvula, según la posición del émbolo. Tales válvulas accionadas por presión no son válvulas cargadas por resorte convencionales que responden a una diferencia de presión entre sus puertos de entrada y de salida. En su lugar, la diferencia de presión importante está entre el interior de la válvula y la atmósfera externa, que alcanza niveles sustanciales. La diferencia de presión entre los puertos de entrada y de salida tenderá a permanecer pequeña, típicamente menos de 0,5 bares.

20 En el caso de la válvula de derivación 111, esta válvula necesita cerrarse cuando la presión dentro del sistema es alta, es decir, durante la etapa de presurización. En las figuras 6 y 7 se muestra un diseño de válvula de ejemplo para lograr esto. La válvula 600 comprende un alojamiento 611 que tiene un cuerpo 601 y una pestaña 602, que juntos alojan un émbolo 603 montado de manera deslizante. El eje del émbolo 603 sobresale externamente del cuerpo 601, con un sello deslizante 604 entre el émbolo 603 y el cuerpo 601 proporcionado para evitar que el agua se fugue. Un extremo interno del émbolo 603 comprende una superficie de sellado 605, que se puede sellar contra una superficie interna 606 correspondiente del cuerpo 601. Se puede proporcionar una junta tórica de sellado en la superficie de sellado 605 para proporcionar un sello hermético frente al agua contra la superficie interna 606. Un elemento de desviación tal como un resorte 607 desvía la superficie de sellado 605 lejos de la superficie interna 606 de manera que, cuando la presión dentro de la válvula sea baja, la válvula está abierta para permitir que el fluido fluya entre la entrada 608 y la salida 609 de la válvula 600. Esta posición abierta se muestra en la figura 7. Un aumento en la presión dentro de la válvula 600 hace que el émbolo 603 se deslice de modo que la superficie de sellado 605 se fuerce contra la superficie interna 606, haciendo que se detenga el flujo entre la entrada 608 y la salida 609, como se muestra en la figura 6. Una vez que la presión interna se reduce suficientemente, el elemento de desviación 607 hace que el émbolo 603 se deslice de vuelta y abra el flujo entre la entrada 608 y la salida 609. Se puede proporcionar una arandela de retención 610 en el émbolo 603 para limitar el recorrido del émbolo 603. El rango de recorrido del émbolo, alternativamente o además, puede estar limitado por un tope final dentro del alojamiento de la válvula 600.

25 En un aspecto general, por lo tanto, la válvula 600 comprende:

un alojamiento 611 que tiene una entrada 608 y una salida 609;

30 un émbolo 603 montado de manera deslizante en el alojamiento 611 y que tiene una superficie de sellado 605 dispuesta para sellarse contra una superficie interna 606 del alojamiento 611 para evitar un flujo entre la entrada 608 y la salida 609; y

35 un elemento de desviación 607 dispuesto para desviar la superficie de sellado 605 lejos de la superficie interna 606 del alojamiento 611 para mantener un camino de flujo entre la entrada 608 y la salida 609 cuando una presión dentro de la válvula 600 es menor que un nivel de presión umbral y para cerrar el camino de flujo cuando una presión dentro de la válvula 600 es mayor que el nivel de presión umbral.

40 El nivel de presión umbral se puede establecer para que sea mayor que una presión externa, es decir, la presión atmosférica, en una cantidad preestablecida, por ejemplo, 1 bar. Por lo tanto, la válvula puede permanecer abierta en tanto en cuanto la presión dentro de la válvula sea inferior a 1 bar manométrico, es decir, nominalmente 2 bares absolutos, y se cierra cuando la presión está por encima de este nivel.

En el caso de la válvula principal 110, en las figuras 8 y 9 se ilustra una válvula accionada por presión 800 de ejemplo. La construcción de la válvula 800 es generalmente similar a la de la válvula 600 de las figuras 6 y 7, con la válvula 800 que comprende un alojamiento 811 que tiene un cuerpo 801 y una pestaña 802, un émbolo 803 montado de manera deslizante con un sello deslizante 804 dentro del cuerpo 801 y que tiene una superficie de sellado 805 que se sella contra una superficie interna 806 del alojamiento. En este ejemplo, sin embargo, el émbolo se mantiene normalmente cerrado por un elemento de desviación 807 bajo condiciones no presurizadas, evitando el flujo entre la entrada 808 y la salida 809. Cuando aumenta la presión manométrica, el émbolo 803 se empuja hacia la derecha y la válvula 800 se abre, permitiendo el flujo entre la entrada 808 y la salida 809. Esta posición abierta se muestra en la Figura 9. Una arandela de retención 810, u otro tipo de tope final, limita el recorrido del émbolo para mantener la válvula 800 en su posición abierta cuando está bajo presión.

En un aspecto general, por lo tanto, la válvula 800 comprende:

un alojamiento 811 que tiene una entrada 808 y una salida 809;

un émbolo 803 montado de manera deslizante en el alojamiento 811 y que tiene una superficie de sellado 805 dispuesta para sellarse contra una superficie interna 806 del alojamiento 811 para evitar un flujo entre la entrada 808 y la salida 809; y

un elemento de desviación 807 dispuesto para desviar la superficie de sellado 605 contra la superficie interna 806 del alojamiento 811 para cerrar un camino de flujo entre la entrada 808 y la salida 809 cuando una presión dentro de la válvula 800 es menor que un nivel de presión umbral y para abrir el camino de flujo cuando una presión dentro de la válvula 800 es mayor que el nivel de presión umbral.

El nivel de presión umbral se puede establecer para que sea mayor que una presión externa, es decir, la presión atmosférica, en una cantidad preestablecida, por ejemplo, 1 bar. Por lo tanto, la válvula principal puede permanecer cerrada en tanto en cuanto la presión dentro de la válvula sea inferior a 1 bar manométrico, es decir, nominalmente 2 bares absolutos, y se abre cuando la presión supera este nivel.

Las válvulas 600, 800 del tipo que se describió anteriormente se pueden incorporar al sistema 100, 400 como las válvulas de derivación y principal, con la válvula normalmente abierta 600 actuando como la válvula de derivación 111, es decir, estando cerrada durante la etapa de presurización y abierta durante la etapa de recarga, y la válvula normalmente cerrada 800 actuando como la válvula principal 110, es decir, estando abierta durante la etapa de presurización y cerrada durante la etapa de recarga. La presurización del sistema 100, 400 se controla, por lo tanto, mediante la operación de la válvula de purga 112 y la operación de la bomba de alimentación 108.

Las figuras 10 y 11 ilustran un ejemplo alternativo de una válvula para usar como válvula de derivación, la operación de la cual es similar a la mostrada en las figuras 6 y 7. La válvula 1000 comprende un alojamiento 1011, que aloja un émbolo 1003 montado de manera deslizante. El eje del émbolo 1003 sobresale externamente del alojamiento 1011, con un sello deslizante 1004 entre el émbolo 603 y el cuerpo 601 se proporciona para evitar que se fugue el agua. Una parte interna del émbolo 1003 comprende una superficie de sellado 1005, que se puede sellar contra una superficie interna 1006 correspondiente del alojamiento 1011. Se puede proporcionar una junta tórica de sellado (no mostrada) en la superficie de sellado 1005 para proporcionar un sello hermético frente al agua contra la superficie interna 1006. Un elemento de desviación tal como un resorte 1007 desvía la superficie de sellado 1005 lejos de la superficie interna 1006 de manera que, cuando la presión dentro de la válvula 1000 sea baja, la válvula se abra para permitir que el fluido fluya entre la entrada 1008 y la salida 1009 de la válvula 1000. Esta posición abierta se muestra en la figura 11. Un aumento en la presión dentro de la válvula 1000 hace que el émbolo 1003 se deslice de modo que la superficie de sellado 1005 se fuerce contra la superficie interna 1006, haciendo que un flujo entre la entrada 1008 y la salida 1009 se detenga. Una vez que la presión interna se reduce suficientemente, el elemento de desviación 1007 hace que el émbolo 1003 se deslice de vuelta y abra el flujo entre la entrada 1008 y la salida 1009. Se puede proporcionar un tope final 101 para limitar el recorrido del émbolo 1003.

Las figuras 12 y 13 ilustran un ejemplo alternativo de válvula para uso como válvula principal, la operación de la cual es similar a la mostrada en las figuras 8 y 9. La construcción de la válvula 1200 es generalmente similar a la de la válvula 1000 de las figuras 10 y 11, con la válvula 1200 que comprende un alojamiento 1211, un émbolo 1203 que está montado de manera deslizante con un sello deslizante 1204 dentro del alojamiento y que tiene una superficie de sellado 1205 que se sella contra una superficie interna 1206 del alojamiento 1211. En este ejemplo, sin embargo, el émbolo 1203 se mantiene normalmente cerrado por un elemento de desviación 1207 bajo condiciones no presurizadas, evitando el flujo entre la entrada 1208 y la salida 1209. Cuando aumenta la presión manométrica, el émbolo 1203 se empuja hacia arriba y la válvula 1200 se abre, permitiendo el flujo entre la entrada 1208 y salida 1209. Esta posición abierta se muestra en la Figura 13. Se puede proporcionar un tope final para limitar el recorrido del émbolo 1203 para mantener la válvula 1200 en su posición abierta cuando está bajo presión.

Otras realizaciones están intencionalmente dentro del alcance de la invención que se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de desalinización (100) que comprende:

5 un contenedor dividido (101) que aloja una división móvil (102) que divide el contenedor (101) en un compartimento aguas arriba (114) y un compartimento aguas abajo (115) cada uno de volumen variable, el contenedor dividido (101) que tiene un primer puerto de entrada (121) en un extremo aguas arriba del contenedor (101), un segundo puerto de entrada (122) en un extremo aguas abajo del contenedor (101) y un puerto de salida (124) en el extremo aguas abajo del contenedor (101);

10 un contenedor de membrana (104) que aloja una membrana semipermeable de flujo cruzado (105) que divide el contenedor de membrana (104) en un compartimento salino (131) y un compartimento desalinizado (132), el compartimento salino (131) que comprende un primer y segundo puertos de flujo cruzado (106, 107), el compartimento desalinizado (132) que comprende un puerto de salida de agua desalinizada (113);

una bomba de alimentación (108) conectada para alimentar un suministro de agua salina al primer puerto de entrada (121);

15 una bomba de recarga (109) que tiene una entrada conectada al segundo puerto de flujo cruzado (107) y una salida conectada al segundo puerto de entrada (122) para alimentar agua salina dentro del compartimento aguas abajo (115);

una válvula principal (110) conectada entre el puerto de salida (124) y el primer puerto de flujo cruzado (106);

una válvula de derivación (111) conectada en un lado al primer puerto de entrada (121) y en otro lado al segundo puerto de flujo cruzado (107) y la entrada de la bomba de recarga (109); y

20 una válvula de purga (112) conectada en un lado al primer puerto de flujo cruzado (106) y la válvula principal (110) y en otro lado a un puerto de purga (123).

2. El sistema de desalinización (100) de la reivindicación 1, que comprende un controlador (125) conectado y configurado para operar el sistema de desalinización (100), el controlador (125) configurado para:

25 en una primera etapa de presurización, cerrar la válvula de derivación (111) y válvula de purga (112), abrir la válvula principal (110) y operar la bomba de alimentación (108) para proporcionar un suministro de agua salina al compartimento aguas arriba (114) del contenedor dividido (101), haciendo que la división (102) se mueva y que fluya por ello agua salina desde el compartimento aguas abajo (115) dentro del compartimento salino (131) del contenedor de membrana (104), haciendo por ello que el agua desalinizada salga del compartimento de desalinización (132) del contenedor de membrana a través del puerto de salida de agua desalinizada (113); y

30 en una segunda etapa de recarga, abrir la válvula de derivación (111) y la válvula de purga (112), cerrar la válvula principal (110) y operar la bomba de recarga (109) y la bomba de alimentación (108) para alimentar agua salina a la segunda entrada (122) del contenedor dividido (101) y dentro del compartimento salino (131) del contenedor de membrana (104) a través del segundo puerto de flujo cruzado (107) para hacer que el agua salina fluya hacia fuera a través del puerto de purga (123) a través del primer puerto de flujo cruzado (106).

35 3. El sistema de desalinización (100) de la reivindicación 2, en donde, en la primera etapa de presurización, el controlador está configurado para operar la bomba de recarga (109) para alimentar agua salina desde el compartimento salino (131) a la segunda entrada (122) del contenedor dividido (101), en donde el controlador (125) está configurado opcionalmente para repetir las etapas de presurización y recarga.

4. El sistema de desalinización (100) de la reivindicación 2 o la reivindicación 3 que comprende:

40 un primer sensor (126) dispuesto para proporcionar una señal para detectar cuándo la división móvil (102), en la etapa de recarga, ha alcanzado el extremo aguas arriba del contenedor dividido (101), el controlador configurado para finalizar la etapa de recarga tras la detección de la señal del primer sensor (126); y/o

45 un segundo sensor (127) dispuesto para proporcionar una señal para detectar cuándo la división móvil (102), en la etapa de presurización, ha alcanzado el extremo aguas abajo del contenedor dividido (101), el controlador configurado para finalizar la etapa de presurización tras la detección de la señal del segundo sensor (127).

5. El sistema de desalinización (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el contenedor dividido es un recipiente cilíndrico (101) y la división móvil es un pistón (102) montado de manera deslizante dentro del recipiente cilíndrico (101).

50 6. El sistema de desalinización (100) según cualquier reivindicación anterior, en donde el contenedor de membrana es un recipiente cilíndrico (104) y/o en donde la membrana semipermeable es del tipo de ósmosis inversa.

7. El sistema de desalinización (400) de cualquier reivindicación anterior, que comprende:

- 5 uno o más contenedores divididos (401b-c) adicionales, cada uno que aloja una división móvil (402b-c) que divide el contenedor en un compartimento aguas arriba (114) y un compartimento aguas abajo (115) cada uno de volumen variable, cada contenedor dividido (401b-c) adicional que tiene un primer puerto de entrada (121) en un extremo aguas arriba del contenedor, un segundo puerto de entrada (122) en un extremo aguas abajo del contenedor y un puerto de salida (124) en el extremo aguas abajo del contenedor;
- 10 uno o más contenedores de membrana (404b-c) adicionales, cada uno que aloja una membrana semipermeable de flujo cruzado (105) que divide el contenedor de membrana en un compartimento salino (131) y un compartimento de agua desalinizada (132), el compartimento salino (131) que comparte un primer y segundo puertos de flujo cruzado (106, 107), el compartimento de agua desalinizada (132) que comprende un puerto de salida de agua desalinizada (113),
- 15 en donde la bomba de alimentación (108) está conectada para alimentar el suministro de agua salina al primer puerto de entrada (121) de cada contenedor dividido, la bomba de recarga (109) está conectada entre el segundo puerto de flujo cruzado (107) de cada contenedor de membrana y el segundo puerto de entrada (122) de cada contenedor dividido para alimentar agua salina al compartimento aguas abajo (115) de cada contenedor, la válvula principal (110) está conectada entre el puerto de salida (124) de cada contenedor dividido y el primer puerto de flujo cruzado (106) de cada contenedor de membrana, la válvula de derivación (111) está conectada en un lado al puerto de entrada (121) de cada contenedor dividido y en el otro lado al segundo puerto de flujo cruzado (107) de cada contenedor de membrana, y la válvula de purga (111) está conectada en un lado al primer puerto de flujo cruzado (106) de cada contenedor de membrana.
- 20 8. El sistema de desalinización (100, 400) de cualquier reivindicación anterior, en donde el controlador (125) está configurado para controlar eléctricamente la operación de la válvula principal (110), la válvula de derivación (111) y la válvula de purga (112).
- 25 9. El sistema de desalinización (100, 400) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el controlador (125) está configurado para controlar eléctricamente la operación de la válvula de purga (112) y en donde la válvula principal (110) y la válvula de derivación (111) se accionan entre una posición abierta y una posición cerrada por un nivel de presión de agua dentro del sistema (100, 400), en donde la válvula principal (110) está configurada opcionalmente para abrirse cuando el nivel de presión de agua dentro del sistema (100, 400) está por encima de un nivel de presión umbral y la válvula de derivación (111) está configurada para abrirse cuando el nivel de presión de agua está por debajo del nivel de presión umbral, el nivel de presión umbral que está opcionalmente alrededor de 1
- 30 bar manométrico.
10. El sistema de desalinización (100, 400) de la reivindicación 9 en donde la válvula principal (600) comprende:
- un alojamiento (611) que tiene una entrada (608) y una salida (609);
- un émbolo (603) montado de manera deslizante en el alojamiento (611) y que tiene una superficie de sellado (605) dispuesta para sellarse contra una superficie interna (606) del alojamiento (611) para evitar un flujo entre la entrada (608) y la salida (609); y
- 35 un elemento de desviación (607) dispuesto para desviar la superficie de sellado (605) lejos de la superficie interna (606) del alojamiento (611) para mantener un camino de flujo entre la entrada (608) y la salida (609) cuando el nivel de presión de agua dentro de la válvula principal (600) es menor que el nivel de presión umbral y para cerrar el camino de flujo cuando el nivel de presión de agua dentro de la válvula principal (600) es mayor que el nivel de presión umbral.
- 40 11. El sistema de desalinización (100, 400) de la reivindicación 9 o la reivindicación 10 en donde la válvula de derivación (800) comprende:
- un alojamiento (811) que tiene una entrada (808) y una salida (809);
- 45 un émbolo (803) montado de manera deslizante en el alojamiento (811) y que tiene una superficie de sellado (805) dispuesta para sellarse contra una superficie interna (806) del alojamiento (811) para evitar un flujo entre la entrada (808) y la salida (809); y
- 50 un elemento de desviación (807) dispuesto para desviar la superficie de sellado (805) contra la superficie interna (806) del alojamiento (811) para cerrar un camino de flujo entre la entrada (808) y la salida (809) cuando el nivel de presión de agua dentro de la válvula de derivación (800) es menor que el nivel de presión umbral y para abrir el camino de flujo cuando el nivel de presión de agua dentro de la válvula de derivación (800) es mayor que el nivel de presión umbral.
12. El sistema de desalinización (100, 400) de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en donde el nivel de presión umbral es de alrededor de 1 bar manométrico.
13. Un método de operación del sistema de desalinización (100) de la reivindicación 1, el método que comprende:

- 5 en una primera etapa de presurización, cerrar la válvula de derivación (111) y válvula de purga (112), abrir la válvula principal (110) y operar la bomba de alimentación (108) para proporcionar un suministro de agua salina al compartimento aguas arriba (114) del contenedor dividido (101), haciendo que la división (102) se mueva y fluyendo por ello agua salina desde el compartimento aguas abajo (115) hacia el compartimento salino (131) del contenedor de membrana (104), haciendo por ello que el agua desalinizada salga del compartimento de agua desalinizada (132) del contenedor de membrana a través del puerto de salida de agua desalinizada (113); y
- 10 en una segunda etapa de recarga, abrir la válvula de derivación (111) y la válvula de purga (112), cerrar la válvula principal (110) y operar la bomba de recarga (109) y la bomba de alimentación (108) para alimentar agua salina a la segunda entrada (122) del contenedor dividido (101), al compartimento salino (131) del contenedor de membrana (104) a través del segundo puerto de flujo cruzado (107) y hacia fuera a través del puerto de purga (123) a través del primer puerto de flujo cruzado (106).
14. El método de la reivindicación 13 en donde la primera etapa de presurización comprende operar la bomba de recarga (109) para alimentar agua salina desde el compartimento salino (131) a la segunda entrada (122) del contenedor dividido (101), el método que comprende opcionalmente repetir las etapas de presurización y recarga.
- 15 15. El método de la reivindicación 13 o 14 que comprende:
- detectar una señal de un primer sensor (126) cuando la división móvil (102) ha alcanzado, en la etapa de recarga, el extremo aguas arriba del contenedor dividido (101), y terminar la etapa de recarga tras la detección de la señal del primer sensor (126); y/o
- 20 detectar una señal de un segundo sensor (127) cuando la división móvil (102) ha alcanzado, en la etapa de presurización, el extremo aguas abajo del contenedor dividido (101), y terminar la etapa de presurización tras la detección de la señal del segundo sensor (127).

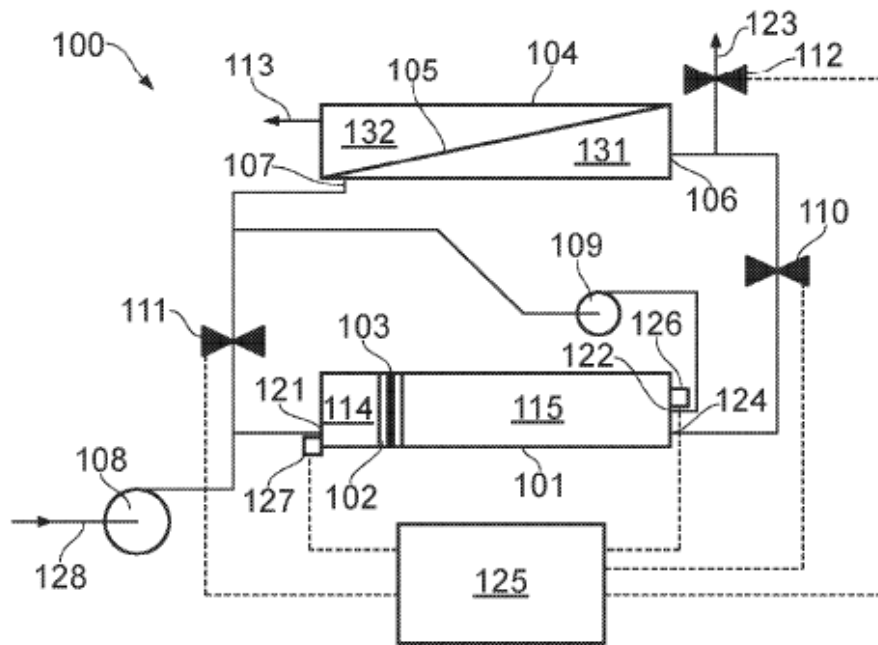


FIG. 1

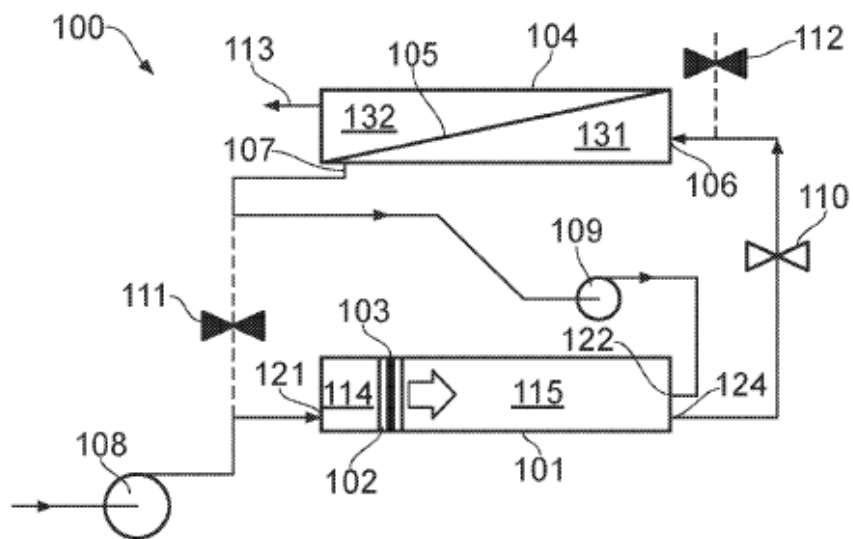


FIG. 2

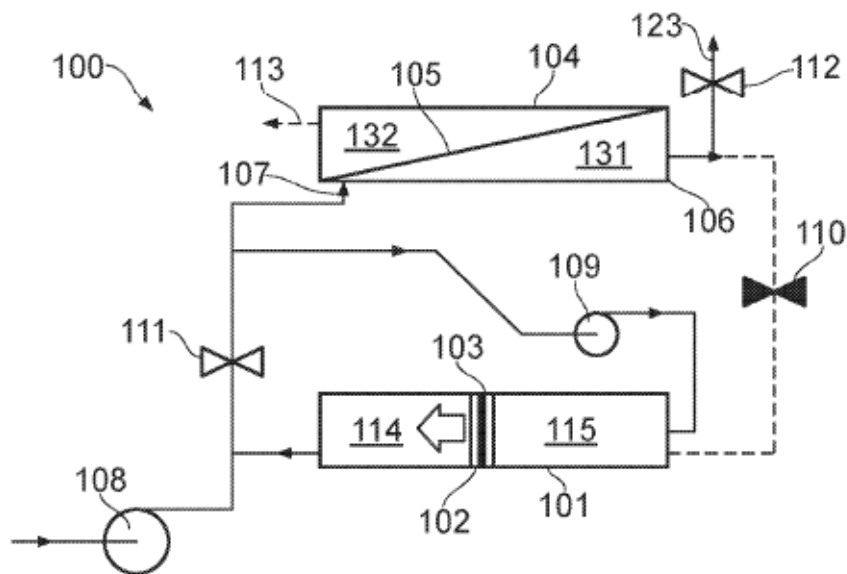


FIG. 3

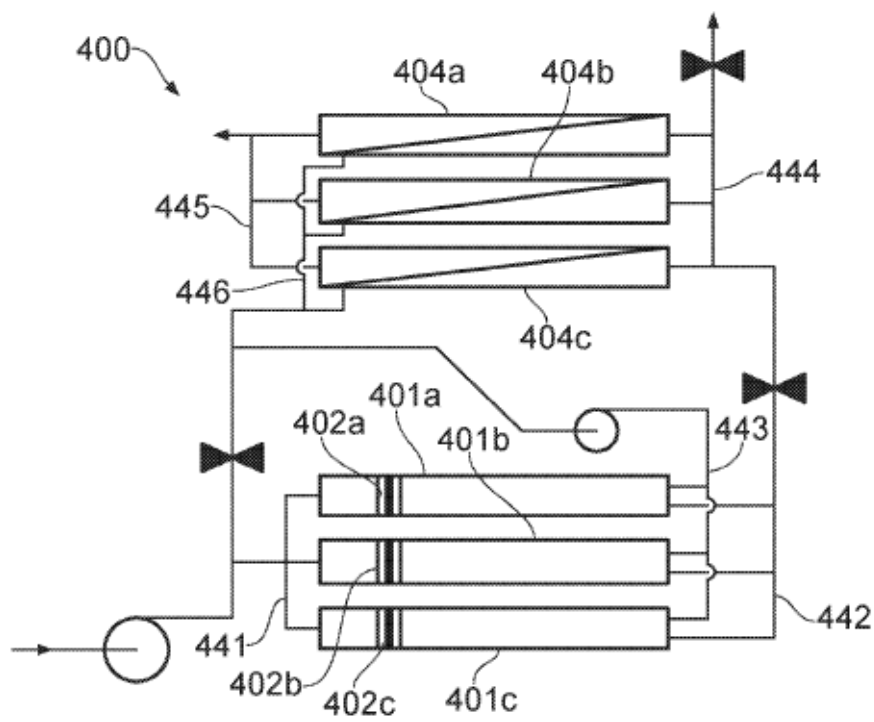


FIG. 4

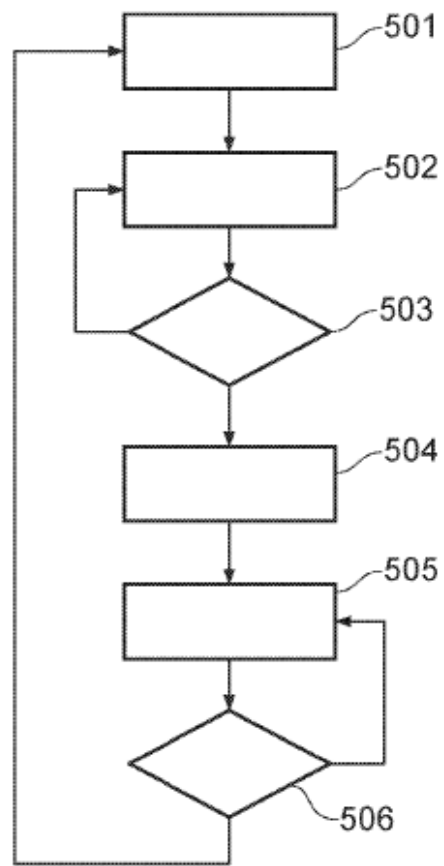


FIG. 5

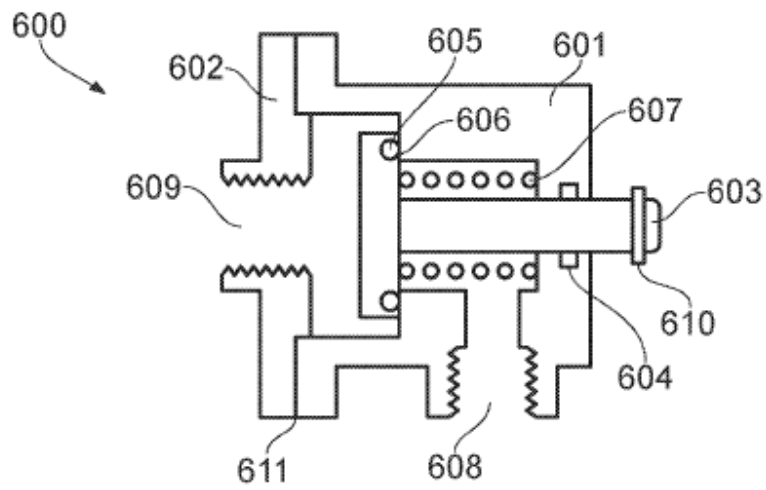


FIG. 6

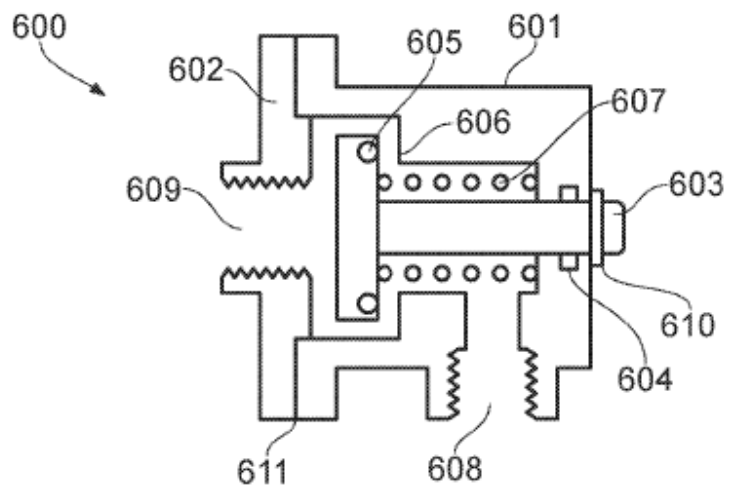


FIG. 7

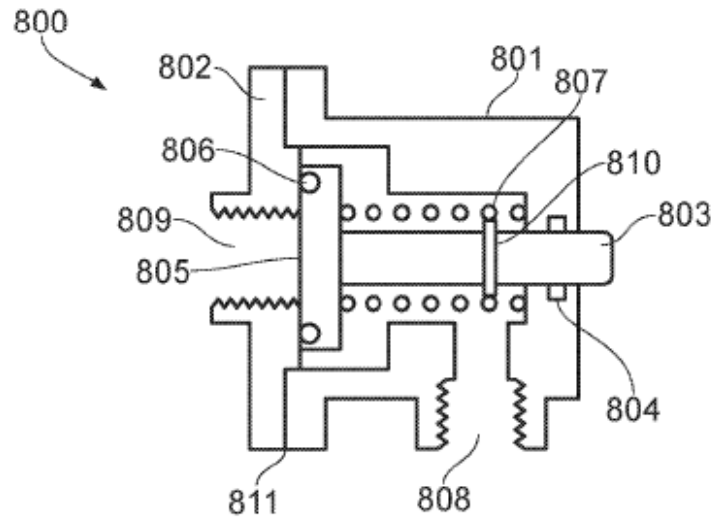


FIG. 8

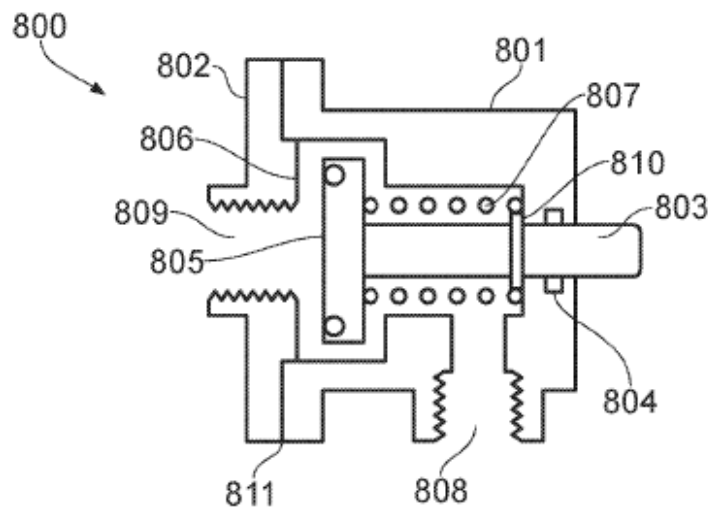


FIG. 9

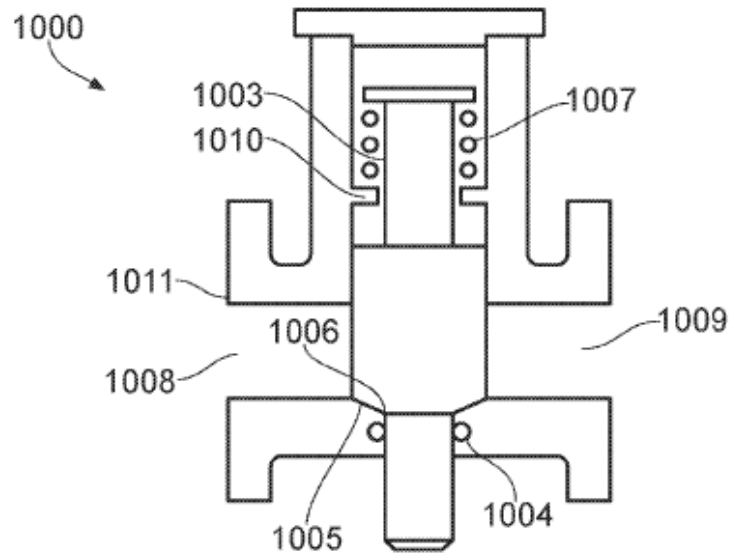


FIG. 10

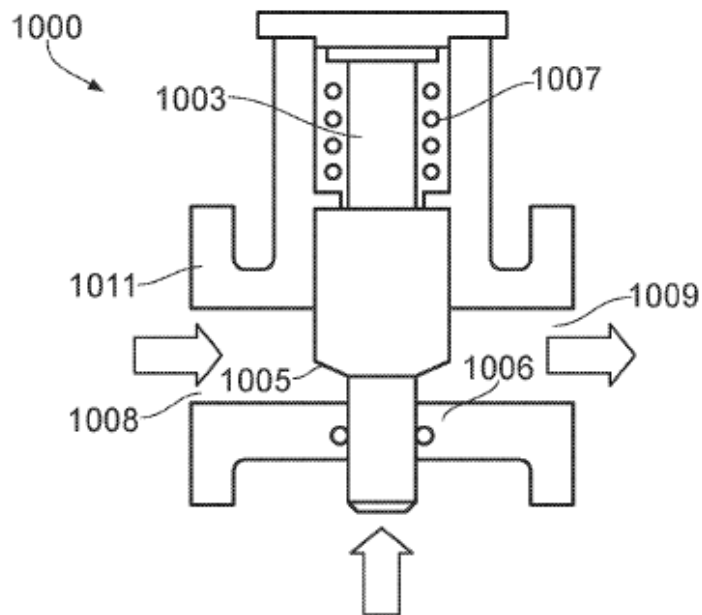


FIG. 11

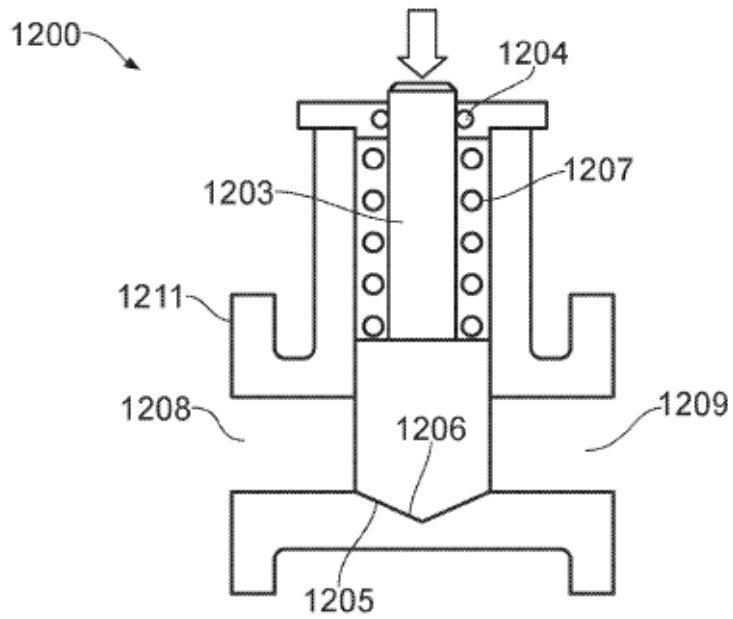


FIG. 12

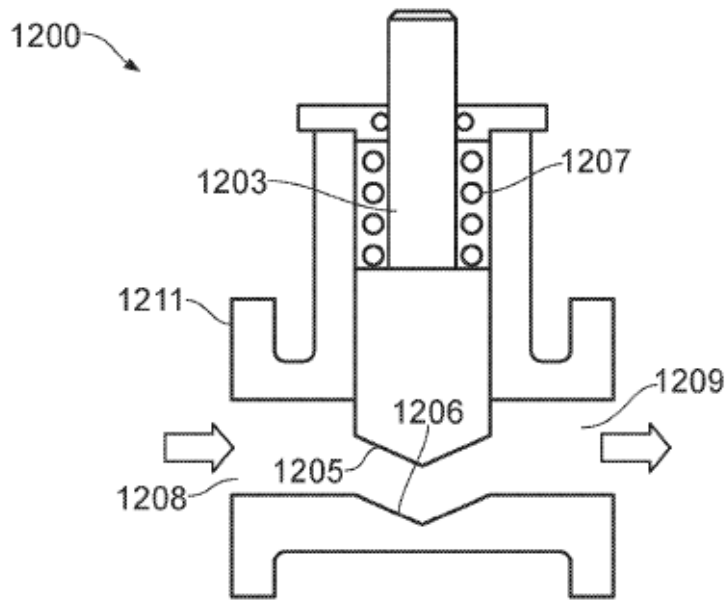


FIG. 13