

Dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida

Objeto

La presente invención se refiere a un dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida.

5 Estado de la técnica

Es conocido en el estado de la técnica que la densidad del agua líquida a 30°C es de 995.710g/m³ mientras que la del vapor de agua es de solo 29,5g/m³. Por lo tanto, el proceso de evaporación es explosivo con una expansión de volumen que depende de la temperatura del agua y que a 30°C es de más de
10 33.000 veces. La expansión volumétrica en un proceso de evaporación ocurre a una velocidad que tiene como límite la velocidad sónica.

La condensación del vapor de agua es el proceso implosivo simétrico a la evaporación, con una contracción de volumen de más de 33.000 veces que se propaga a velocidad del sonido en condiciones ideales.

15 Dentro de un dispositivo evaporador-condensador en condiciones de vacío, es decir, en ausencia de gases incondensables que obstruirían el flujo de vapor, el vapor de agua fluye de la cara evaporadora a la cara condensadora a alta velocidad teniendo como límite la velocidad sónica en vapor de agua a su temperatura. En los dispositivos desalinizadores por destilación
20 multiefecto, MED por sus siglas en inglés, se constata como el vapor de agua resultante de la evaporación sobre la cara evaporadora de los tubos de un efecto fluye hasta la cara condensadora del siguiente efecto.

Para que se produzca un flujo de vapor de agua entre una superficie evaporadora y una superficie condensadora es necesario que exista un
25 gradiente de temperatura.

En los dispositivos de desalinización por cambio de fase se logra este gradiente de temperatura entre la cara evaporadora y la condensadora mediante dos soluciones: por aporte de calor exterior y por aporte de energía mecánica que comprime el vapor primario.

30 El aporte exterior de calor permite controlar la temperatura del agua a evaporar y la temperatura del vapor a condensar, como sucede en los dispositivos de desalinización multi-efecto, MED, en los dispositivos de

desalinización flash, MSF y en los dispositivos de desalinización por compresión termal de vapor. El problema de los dispositivos basados en el aporte exterior de calor es el elevado consumo específico de energía.

El aporte de trabajo, de energía mecánica, permite comprimir el vapor
5 primario resultante de la evaporación y obtener un vapor secundario de mayor presión y temperatura que se condensa sobre la cara condensadora del tubo o cámara en cuya cara evaporadora se genera el vapor primario como sucede en los dispositivos de desalinización por compresión o re-compresión mecánica de vapor, MVC o MVR, en los dispositivos por elevación
10 de la presión del vapor primario mediante ventiladores o sopladores, como descrito en la patente PCTES2018070782, y en los dispositivos por inyección de agua a presión mediante un inyector que cubre toda la sección de un tubo acelerador por el que el chorro de agua líquida arrastra el vapor de agua primario para darle velocidad, que se transforma en mayor presión, como
15 descrito en la patente RU2234354 C1.

El problema de los dispositivos con aporte mecánico que comprime el vapor primario es que imponen un obstáculo mecánico al flujo de vapor que fluye desde su origen en la explosión del evaporador hasta su desaparición por implosión en el condensador, de forma que la velocidad del flujo queda
20 limitada por la velocidad del elemento impulsor, compresor, ventilador, soplador o chorro líquido dando lugar a ineficiencias por la reducción de caudal que resulta de la interposición axial al flujo de vapor del elemento físico de aporte de energía que se transforma en un obstáculo en el trayecto que reduce la velocidad del flujo de vapor y, con ello, el caudal.

25 **Sumario**

La presente invención busca resolver uno o más de los problemas y retos expuestos anteriormente mediante un dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida, tal como es definido en las reivindicaciones.

30 El dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida es un dispositivo desalinizador por cambio de fase, con al menos un intercambiador de calor latente de alta eficiencia en el que se produce la evaporación del vapor primario y la condensación de vapor secundario. En un sistema

desalinizador por compresión de chorro de agua líquida se aporta energía al flujo de vapor que fluye desde la explosión en la cara evaporadora hasta la implosión en la cara condensadora mediante al menos un chorro de agua líquida, para aumentar la presión y temperatura del vapor primario saturado y obtener vapor secundario saturado.

la energía aportada al desalinizador por compresión de chorro de agua líquida es energía cinética de translación, energía cinética de rotación o una combinación de ambas, con la condición de dejar al menos, un trayecto libre de barreras en que no haya obstáculos que frenen la velocidad del flujo de vapor. El trayecto libre de barreras al flujo de vapor se puede conseguir con un tubo de corriente sin obstáculos físicos y se puede conseguir con una cámara de expansión en la que se incrementa la sección del flujo de vapor de forma que la velocidad del flujo de vapor disminuye y, dentro de esta cámara de expansión y mientras el chorro de vapor tiene una baja velocidad, se le aplica al menos un chorro de agua líquida cuyas gotas tienen una velocidad superior a la del vapor.

En un dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida, un aporte de energía cinética de translación al, al menos un, flujo de vapor se realiza aportando al menos un chorro de agua líquida a presión en la dirección del flujo de vapor que puede ir acompañado de un, o más de un, chorro de vapor dejando una entrada lateral o una entrada en el centro del chorro de agua líquida, libre de obstáculos físicos por la que pueda fluir sin obstáculos al menos un flujo de vapor desde la cara evaporadora hasta la cara condensadora. En un dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida, un aporte de energía cinética de translación al, al menos un, flujo de vapor se realiza también aportando al menos un chorro de agua líquida a presión en la dirección del flujo de vapor que puede ir acompañado de un, o más de un, chorro de vapor dentro de una cámara de expansión en la que el flujo de vapor ha reducido su velocidad y la velocidad de las gotas del, al menos un, chorro de agua líquida es superior a la velocidad del vapor de agua.

En un dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida, un aporte de energía cinética de rotación al, al menos un, flujo de vapor se realiza aportando al menos un chorro de agua líquida a presión, que puede

estar acompañado de al menos un chorro de vapor, siendo la dirección de este chorro una dirección tangencial al tubo de corriente del flujo de vapor que fluye desde la cara evaporadora a la cara condensadora, de forma que este, al menos un, chorro tangencial imprime rotación al flujo de vapor y se

5 obtiene un incremento de la energía cinética total del chorro de vapor primario saturado que se transforma en energía potencial del vapor secundario saturado obteniéndose así el aumento de presión y temperatura necesarios y este proceso se hace dentro de una cámara de expansión en la que el flujo de vapor ha reducido su velocidad de modo que las gotas del

10 chorro de agua líquida no actúan como freno al flujo de vapor o en otro espacio sin barreras físicas que restrinjan el flujo de vapor desde la cara evaporadora hasta la condensadora. Los chorros de aporte de energía cinética de rotación deben dejar el centro del tubo de corriente de vapor libre de obstáculos en forma de agua líquida, de forma que el vapor puede fluir a la

15 máxima velocidad físicamente posible, y con el mayor caudal posible, durante todo el trayecto entre la zona evaporadora y la condensadora al encontrar al menos un trayecto o espacio libre de obstáculos.

El aporte de energía cinética de translación se puede utilizar para la función de arranque del sistema; para la función de mantenimiento del gradiente de

20 temperatura óptimo entre las caras evaporadoras y condensadoras del dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida; y para aporte de energía cinética de translación operativa en una configuración con cámara de expansión del flujo de vapor de agua. El aporte de energía cinética de rotación se puede utilizar para conseguir mayores caudales y eficiencia del

25 dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida. El sistema desalinizador por compresión de chorro de agua líquida se basa en el aporte de energía cinética de translación y de rotación o de ambas con, al menos, un trayecto del flujo de vapor libre de obstáculos, combinado con un intercambiador de calor latente de alta eficiencia que permite elevados

30 coeficientes de transferencia y bajos gradientes de temperatura entre el vapor secundario y la solución acuosa a desalinizar y permite desalinizar o purificar soluciones acuosas con un consumo específico de energía cercano al mínimo teórico y permite desalinizar o purificar agua a su temperatura ambiente, sin aporte de calor.

La desalinización a temperatura ambiente permite al dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida reducir los fenómenos de cristalización y de precipitación minerales. El dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida trabaja en condiciones de vacío que

5 reducen la proliferación de biofilms en su interior. En consecuencia, el dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida tiene unas bajas necesidades de pretratamiento del líquido a desalinizar por lo que se reduce drásticamente el contenido en productos químicos en la salmuera resultante, en comparación con las técnicas actuales de desalinización por

10 membrana o cambio de fase.

La poca inversión requerida en el pretratamiento de la solución a desalinizar permite trabajar con un amplio rango de ratios de recuperación. El usuario puede decidir el rango de recuperación a utilizar según sus prioridades ambientales y económicas.

15 Las ratios de recuperación bajos, es decir una extracción de un porcentaje pequeño de agua dulce del agua de mar captada, permiten reducir el coste energético específico al trabajar con menores elevaciones del punto de ebullición y permite un bajo incremento de la salinidad de la salmuera que, sumado a un bajo contenido en productos químicos, reduce drásticamente el

20 impacto ambiental de la salmuera retornada al medio ambiente. Esta reducción en la toxicidad de la salmuera y el bajo consumo específico de energía abren la puerta a una desalinización global realmente verde, sostenible.

Breve descripción de las figuras

25 Una explicación más detallada de la invención se da en la descripción que sigue y que se basa en las figuras adjuntas:

La Figura 1 muestra un esquema de una configuración de un dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida con aporte de energía cinética de translación y entrada lateral de vapor,

30 La Figura 2 muestra un esquema de la pared de un intercambiador de calor latente de alta eficiencia,

La Figura 3 muestra un esquema de una configuración del dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida con aporte de energía cinética de rotación,

La Figura 4 muestra un esquema de una configuración del dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida con aporte de energía cinética de translación y con aporte de energía cinética de rotación, y

La Figura 5 muestra un esquema de una configuración del dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida con una cámara de expansión del flujo de vapor de agua en la que se realiza el aporte de energía cinética de translación y de rotación.

Descripción detallada

La compresión de chorro de agua líquida aplicada a la desalinización de agua de mar o a la purificación de otra disolución acuosa es un sistema desalinizador por cambio de fase sin aporte externo de calor. Se basa en aportar energía cinética de translación, energía cinética de rotación o ambas al flujo de vapor primario saturado que fluye desde la cara evaporadora hasta la cara condensadora para incrementar su presión y temperatura y generar vapor secundario saturado, sin crear barreras en el flujo de vapor que reduzcan la velocidad y el caudal del flujo de vapor.

Para conseguir mayor eficiencia trabajando con bajos gradientes de temperatura entre la cara evaporadora y la condensadora, en lugar de utilizar los actuales intercambiadores de calor latente de fina película de agua que tienen un coeficiente de intercambio de calor latente en torno a $2.000 \text{ W/m}^2\text{K}$, el dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida puede comprender, al menos, un intercambiador de calor latente de tubos o cámaras 1 y carcasa 2 de alta eficiencia con un coeficiente de intercambio de calor latente por encima de $10.000 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Como se ilustra en la Figura 1 el intercambiador presenta los tubos o cámaras 1 del intercambiador de calor latente en posición vertical, con un sistema de alimentación de la solución acuosa a desalinizar 3 que introduce el líquido a desalinizar por la cara interior, evaporadora, de los tubos o cámaras 1 y por la parte interior inferior 4 de los tubos o cámaras sale a la cámara de recogida 6 la salmuera resultante del proceso de evaporación y el vapor de agua

primario 5 evaporado sobre la cara interior evaporadora de los tubos o cámaras 1.

En relación ahora con la Figura 2, donde se muestra un esquema de una pared de un tubo o cámara 1 del intercambiador de calor latente de alta eficiencia con las características siguientes: El agua de mar a desalinizar o la solución acuosa de la que se desea extraer agua, adquiere una interfaz líquido-gas curvada en toda su extensión, es decir, forma meniscos 18 dentro de los microsurcos que cubren, al menos en parte, la cara evaporadora de los tubos o cámaras de intercambiador de calor latente

- 10 - El vapor de agua aportado a la cámara de condensación se condensa y adquiere una interfaz líquido-gas curvada en toda su extensión, es decir, forma meniscos 19 de agua dentro de los microsurcos u otra estructura capilar que cubre, al menos en parte, la cara condensadora de los tubos o cámaras del intercambiador de calor latente
- 15 - El calor latente liberado en el proceso de condensación del vapor es absorbido por el proceso de evaporación atravesando un trayecto 20 libre de capas de agua. Una capa de agua tiene un bajo coeficiente de transferencia de energía térmica. La ausencia de capas de agua térmicamente aislantes a lo largo del trayecto 20 permite un elevado
- 20 coeficiente de transferencia de calor latente y permite que el diferencial de temperatura entre el líquido a evaporar en la cara evaporadora 18 y la temperatura del vapor condensado en la cara condensadora 19 pueda ser muy reducida, observándose que se puede obtener un ciclo de evaporación y condensación a partir de gradientes entre el vapor
- 25 primario saturado y el vapor secundario saturado de 10Pa para soluciones acuosas de baja salinidad y a partir de 40Pa para agua de mar con una salinidad de 35g/kg y temperatura en torno a 20°C
- El calor latente de condensación se recicla al 100% y se transforma en calor latente de evaporación
- 30 El vapor primario se genera sobre la cara evaporadora del intercambiador de calor latente. El proceso de evaporación es explosivo en el sentido que el volumen del vapor generador es del orden de 33.000 veces superior al volumen del agua líquida evaporada y en condiciones de vacío, sin gases

incondensables, la velocidad de esta expansión sólo queda limitada por el límite sónico para vapor de agua a su temperatura.

El vapor secundario se condensa sobre la cara condensadora del intercambiador de calor latente. El proceso de condensación es implosivo en el sentido que el volumen del vapor es del orden de 33.000 veces superior al volumen del agua líquida resultante de la condensación y, en condiciones de vacío, sin gases incondensables, la velocidad de esta implosión sólo queda limitada por el límite sónico para vapor de agua a su temperatura.

En ausencia de barreras, y mientras haya un gradiente de temperatura entre el vapor secundario que se condensa sobre la cara condensadora del intercambiador de calor latente y la solución acuosa a evaporar sobre la cada evaporadora, la velocidad del flujo de vapor que fluye desde la zona de explosión evaporadora hasta la zona de implosión condensadora tiene la velocidad sónica como límite de su velocidad. Los actuales dispositivos de compresión del vapor primario interponen barreras en el flujo de vapor que fluye desde la cara evaporadora a la cara condensadora como las aspas de un ventilador o soplador, las cámaras de un compresor o el cono de agua de un inyector. Estas barreras reducen fuertemente la velocidad del flujo de vapor secundario y limitan el caudal de vapor, es decir, la capacidad de desalinización de los actuales dispositivos y limitan su eficiencia energética. El dispositivo desalinizador de compresión de chorro de agua líquida deja abierto un trayecto para que el vapor fluya desde la cara evaporadora hasta la cara condensadora libre de barreras o utiliza una cámara de expansión del flujo de vapor de agua para conseguir una reducción de la velocidad del flujo de vapor de agua por debajo de la velocidad de las gotas del, al menos un, chorro de agua líquida.

Como es mostrado en la Figura 1, el dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida está basado en aporte de energía cinética de translación y apertura lateral libre de obstáculos al chorro de vapor, comprende también:

- Al menos, una bomba de presión de agua líquida 13 que aporta agua a presión a, al menos, una boquilla 7 que genera un chorro de agua líquida 8 con la dirección del flujo de vapor con la velocidad y con la dispersión de pequeñas gotas necesarios para arrastrar parte del vapor

- primario 5 y aportarle velocidad creando un flujo de dos fases 17 agua líquida-vapor dentro de un conducto 9 de aceleración del vapor
- Al menos, un conducto que conduce un flujo de agua a presión 14 desde la bomba de presión 13 hasta, al menos, una boquilla de presión 7 colocada dentro de la cámara de recogida 6 o dentro de, al menos, un conducto 9 de aceleración del vapor
 - Al menos, un conducto 9 de aceleración del vapor dentro del que la, al menos, una boquilla 7 proyecta un chorro de agua líquida 8 con la dirección del flujo de vapor
 - La, al menos una, boquilla de presión 7 forma un chorro 8 de agua líquida que arrastra y aporta velocidad a, al menos, parte del vapor de agua primario 5 y da como resultado una mezcla de dos fases 17 que contiene agua líquida del chorro 8 y el vapor de agua arrastrado
 - El conducto 9 de aceleración del vapor está dentro de un conducto 21 que lo rodea, de forma que el vapor primario 5 puede entrar dentro del conducto 9 de aceleración por, al menos, una boca de entrada lateral 22 con un trayecto libre de obstáculos para un flujo de vapor de agua
 - Al menos un difusor y cámara de separación de fases 10 al que llega la mezcla de dos fases 17, de modo que la energía cinética contenida en la mezcla de dos fases 17 en forma de velocidad se convierte, en parte, en energía potencial en forma de energía de presión en el vapor, resultando en vapor secundario saturado 16 con una presión y temperatura superiores al vapor primario saturado 5. Como que este aumento de presión y temperatura del vapor secundario se produce en presencia de una neblina de gotas de agua en fase líquida, no se produce sobrecalentamiento del vapor. Este, al menos un, difusor y cámara de separación de fases 10 puede tener también la función de desnebulizador y, después de la pérdida de velocidad de la mezcla de dos fases 17, las salpicaduras líquidas o las microgotas quedan retenidas en una malla desnebulizadora, desnebulizador, 15 o barreras de retención de gotas de agua. Esta malla des-nebulizadora puede no ser necesaria dependiendo de la geometría del difusor y cámara de separación de fases 10. Un difusor y cámara de separación de fases 10 comprende, al menos, un conducto de salida del vapor secundario 16

a la cámara de condensación 11 y, al menos, un conducto de evacuación 12 del agua líquida, por el que se extrae el resto del agua líquida aportada con el chorro de agua líquida 8

- 5 - Una cámara de condensación 11 a la que llega el vapor de agua secundario 16 saturado. En la cámara de condensación 11 se encuentra la cara exterior condensadora de los tubos o cámaras 1 del intercambiador de calor latente de alta eficiencia, sobre esta cara condensadora se condensa el vapor de agua secundario saturado 16. El vapor de agua secundario saturado 16 tiene una temperatura y una
10 presión superiores a las del vapor primario 5, siendo el incremento de presión con relación a la presión del vapor primario 5 saturado

Como es mostrado en la Figura 3, el dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida está basado en aporte de energía cinética de rotación, comprende también:

- 15 - Al menos una bomba de presión 13 de agua que mediante al menos un conducto de presión 14 alimenta al menos una boquilla de presión 25 que produce un chorro de agua líquida tangencial 26 al flujo de vapor 5 que fluye de la cara evaporadora a la cara condensadora dentro de un conducto 23 de aporte de energía cinética rotacional
- 20 - El al menos un chorro de agua líquida tangencial 26 es un chorro con una presión, caudal y dirección que mantiene libre de gotas de agua la parte central del flujo de vapor de agua 24 y genera un movimiento rotacional, helicoidal del flujo de vapor 27 con un trayecto interno 24 libre de gotas de agua. Las fuerzas centrífugas del flujo de vapor 27
25 promueven la separación de los fluidos de mayor densidad hacia el exterior del flujo rotacional, helicoidal, facilitando la ausencia de obstáculos en la parte media y central 24 del flujo helicoidal 27 por la que circula sin obstáculos el flujo de vapor que recibe la energía cinética de rotación
- 30 - El flujo de vapor 27 se carga de la energía rotacional que recibe de los chorros tangenciales 26 y esta energía rotacional se transforma progresivamente en mayor energía potencial del vapor de agua generando el vapor secundario de mayor temperatura y presión que el primario. Dado que esta transformación de energía se produce en

presencia de microgotas de agua el vapor se mantiene saturado y no se visualizan fenómenos de sobrecalentamiento del vapor

- Al, al menos un, chorro tangencial de agua líquida 26 se puede añadir al menos una entrada tangencial de vapor primario impulsado por un ventilador o soplador que aporta más energía cinética de rotación al flujo helicoidal 27

Como es mostrado en la Figura 4, el dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida está basado en la combinación de aporte de energía cinética de translación y aporte de energía cinética de rotación, comprende

también:

- Al menos un inyector alimentado por al menos una bomba de presión 13 que alimenta a, al menos, una boquilla 7 que produce al menos un flujo agua 8 axial al flujo de vapor dentro de al menos un conducto acelerador 9 que puede tener aperturas laterales 22 o no tener estas aperturas dado que el dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida en esta configuración tiene un flujo de vapor sin barreras a través de, al menos, un segundo conducto 23 por el que fluye un flujo helicoidal 27. Este flujo axial de agua 8 permite arrancar el dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida con facilidad creando rápidamente un gradiente controlado de presión y temperatura entre el vapor primario 5 y vapor secundario, aunque la capacidad de gestión de caudal mediante este, al menos un, chorro de agua líquida 8 en el sentido del flujo de vapor queda limitada por la barrera que impone el propio chorro de agua líquida 8 al flujo de vapor primario 5. Este chorro de agua líquida 8 en el sentido del flujo de vapor se puede mantener activo durante la fase operativa de desalinización para asegurar en todo momento un gradiente de temperatura entre vapor primario 5 a la salida del evaporador y vapor secundario sobre la cara condensadora
- Al menos un conducto de aporte de energía cinética rotacional 23 con al menos un inyector de agua líquida 25 que produce al menos un chorro de agua líquida 26 tangencial al flujo de vapor primario 5 que genera un flujo helicoidal 27. La parte central 24 del flujo helicoidal 27 está libre de gotas de agua de forma que ofrece un trayecto 24 libre

de obstáculos al flujo de vapor que fluye desde la cara evaporadora a la condensadora

- Esta configuración combinando al menos un flujo helicoidal 27 i al menos un flujo axial 8 permite una rápida puesta en marcha, permite control sobre el gradiente de temperatura en régimen de funcionamiento y permite una gestión elevada de caudal de vapor por el flujo helicoidal 27 y el trayecto de vapor 24 libre de obstáculos

Como es mostrado en la Figura 5, el dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida está basado en el aporte de energía cinética de translación, aporte de energía cinética de rotación o ambas al flujo de vapor dentro de una cámara de expansión del flujo de vapor, comprende también:

- Al menos una cámara de expansión 29 del flujo de vapor, que tiene una sección superior a la sección del, al menos un, tubo de salida 31 del vapor primario de la cámara de recogida 6 y superior a la sección del, al menos un, tubo de entrada del vapor secundario 32 a la cámara de condensación, siendo la sección del, al menos un, tubo de salida 31 del vapor primario de la cámara de recogida igual o similar a la sección del tubo 32 de entrada del vapor secundario a la cámara de condensación. El vapor primario 5 sale de la cámara de recogida formando un flujo de vapor 28 a alta velocidad. Al llegar el flujo de vapor 28 a una mayor sección en la cámara de expansión 29, su velocidad se reduce
- El diseño del progresivo incremento de la sección de la cámara de expansión permite reducir eficientemente la velocidad del flujo de vapor hasta llegar a una velocidad inferior a la velocidad de las gotas de, al menos, un chorro de agua líquida a presión 8 en el sentido del flujo de vapor al que le aporta energía cinética de translación
- En el interior de la cámara de expansión 29 se aporta energía cinética de rotación al flujo de vapor que fluye a menor velocidad y puede absorber mejor la energía cinética de rotación con al menos un inyector de agua a presión 25 colocado tangencialmente al flujo de vapor para emitir un chorro de agua líquida 26 tangencial al flujo de vapor al que le imprime rotación

- En el interior de la cámara de expansión 29 se aporta energía cinética de translación y energía cinética de rotación al flujo de vapor combinando al menos un chorro de agua a presión 8 en el sentido del flujo de vapor y al menos un chorro de agua a presión 26 tangencial al flujo de vapor
- La progresiva reducción de la sección de la cámara de expansión 29 hasta llegar a la sección del tubo 32 de entrada del vapor secundario a la cámara evaporadora 11 permite que el flujo de vapor recupere su alta velocidad dando lugar a un flujo de vapor secundario 30 a alta velocidad y la energía cinética aportada dentro de la cámara de expansión se transforma en mayor presión y temperatura del vapor de agua saturado secundario 16

La solución acuosa para desalinizar o purificar 3 se puede desalinizar o purificar a su temperatura ambiente. El dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida no requiere una temperatura de trabajo mínima.

Dado el reducido diferencial de presión necesario entre el vapor de agua primario saturado de la cara evaporadora 5 y el vapor saturado secundario de la cara condensadora 16, el dispositivo desalinizador por compresión de chorro de agua líquida puede obtener este pequeño diferencial de presión mediante el sistema de aporte de energía cinética de rotación descrito y puede arrancar y mantener el gradiente de temperatura de manera muy controlada con el sistema de aporte de en energía cinética de translación descrito. De forma que el principal aporte de trabajo al sistema es en forma de agua a presión mediante una bomba de agua y de modo complementario se puede aportar también vapor de agua a presión mediante un ventilador o soplador.

La desalinización por compresión de chorro de agua líquida permite desalinizar agua de mar o extraer agua de otras soluciones acuosas con un bajo consumo específico de energía, en torno a 0,5kWh/m³ por encima del trabajo específico impuesto por la elevación del punto de ebullición según la salinidad de la solución a desalinizar o purificar. Este bajo consumo específico, sumado a la baja toxicidad de la salmuera devuelta al medioambiente abre

la puerta a un sistema de desalinización de gran capacidad realmente sostenible.

Listado de referencias numéricas

- (1)- Tubos o cámaras del intercambiador de calor latente
- (2)- Carcasa
- (3)- Aporte de solución acuosa o agua de mar a desalinizar o purificar
- 5 (4)- Parte inferior de los tubos o cámaras, salida de salmuera y vapor de agua evaporado
- (5)- Vapor de agua saturado primario
- (6)- Cámara de recogida
- (7)- Boquilla agua a presión
- 10 (8)- Chorro de agua líquida
- (9)- Conducto de aceleración del vapor
- (10)- Difusor y cámara de separación de fases
- (11)- Cámara de condensación
- (12)- Conducto de salida, evacuación de agua líquida
- 15 (13)- Bomba de presión de agua
- (14)- Flujo de agua a presión
- (15)- Dispositivo desnebulizador
- (16)- Vapor de agua secundario saturado
- (17)- Mezcla de dos fases de agua líquida y vapor arrastrado
- 20 (18)- Menisco cara evaporadora
- (19)- Menisco cara condensadora
- (20)- Trayecto de la energía térmica
- (21)- Cámara que rodea el conducto de aceleración del vapor
- (22)- Boca lateral de entrada de vapor primario en el conducto de aceleración
- 25 del vapor
- (23)- Tubo de aporte de energía cinética rotacional
- (24)- Trayecto del vapor, libre de obstáculos en la parte central del flujo helicoidal

- (25)- Boquilla agua a presión tangencial
- (26)- Flujo de agua a presión tangencial
- (27)- Flujo de vapor helicoidal
- (28)- Flujo de vapor primario a alta velocidad
- 5 (29)- Cámara de expansión
- (30)- Flujo de vapor secundario a alta velocidad
- (31)- Tubo de salida del vapor primario de la cámara de recogida
- (32)- Tubo de entrada del vapor secundario a la cámara de condensación