

DISPOSICIÓN DE CÁMARA INTERCAMBIADORA DE CALOR LATENTE

Objeto

La presente invención se refiere a una disposición de cámara de intercambio de calor latente, evaporadora en su cara interior y condensadora en su cara exterior, aplicable a dispositivos de destilación.

Estado de la técnica

Los problemas técnicos a resolver son:

- Los actuales intercambiadores de calor latente horizontales de carcasa y tubos o cámaras, con tubos o cámaras lisos o corrugados cuya cara exterior es evaporadora y sobre la cual se aporta el fluido líquido a evaporar, en régimen de fina película descendente tienen el coeficiente de transferencia de calor latente limitado por la resistencia térmica de la fina película descendente de líquido sobre la cara evaporadora y por la resistencia de las capas de agua condensada sobre la cara condensadora. El uso de tubos o cámaras con superficies corrugadas aumenta la superficie de intercambio y crea eficientes efectos de turbulencia en el flujo de líquido que mejoran las prestaciones térmicas, pero el coeficiente de transferencia agregado sigue estando limitado por la resistencia térmica de las capas de líquido. La resistencia térmica de una fina capa descendente de fluido líquido, especialmente cuando se trata de agua o soluciones acuosas, reduce el coeficiente de transferencia de calor latente agregado de los tubos o cámaras, lo cual condiciona el gradiente térmico que actualmente se utiliza entre la temperatura del vapor evaporado en la cara evaporadora exterior y la temperatura del vapor condensado sobre la cara condensadora interior.
- Los actuales intercambiadores de calor latente verticales de tubos y carcasa con tubos lisos o corrugados que funcionan en su cara exterior como condensadores y en su cara interior como evaporadores en régimen de película descendente o ascendente tienen el coeficiente térmico de transferencia de calor latente limitado por la resistencia térmica de las capas de líquido en ambas caras del tubo intercambiador. El uso de tubos corrugados en ambas caras, double fluted, mejora el coeficiente de transferencia de calor latente agregado por efecto de las turbulencias que se generan en los flujos de líquido y por el aumento de superficie de intercambio, pero este coeficiente sigue estando limitado por las resistencias térmicas de las capas de líquido. El actual diferencial de temperatura entre ambas caras de los tubos o cámaras de estos dispositivos también está condicionado por la resistencia térmica de las películas de

líquido que cubren, al menos en parte, ambas caras de la pared del tubo vertical, especialmente cuando se trata de agua o soluciones acuosas.

- Los actuales intercambiadores de calor con tubos condensadores-evaporadores en régimen de condensación capilar en su cara interior y de evaporación capilar en su cara exterior presentan los siguientes problemas prácticos de aporte del fluido líquido a evaporar sobre la cara exterior evaporadora.
 - o Es muy difícil conseguir un aporte de líquido que no rebose los microsurcos o las microranuras, cuando se intenta aportar fluido líquido dentro de los microsurcos o microranuras situados sobre la cara exterior evaporadora de tubos dispuestos en un haz de tubos, como suelen disponerse en los intercambiadores de calor latente. Esta dificultad de aporte del fluido para que se introduzca ordenadamente dentro de las estructuras capilares de la cara exterior evaporadora provoca la aparición de finas capas descendentes por exceso de aporte de fluido líquido sobre los capilares evaporadores o provoca la aparición de zonas secas cuando el aporte es insuficiente. Ambos fenómenos limitan el coeficiente real agregado de intercambio de calor latente de las paredes de estos intercambiadores de calor latente.
 - o Es prácticamente imposible aportar líquido a evaporar sobre la cara exterior de los tubos horizontales situados en el centro de un haz de tubos, sin tener desbordamientos del líquido por encima de los microsurcos, dado que el caudal necesario para abastecer todos los tubos del haz es superior al que se puede canalizar por dentro de los microsurcos de cada tubo. De forma que el líquido a evaporar acaba formando finas películas que cubren los microsurcos de la cara exterior impidiendo que actúen en régimen de evaporación capilar y creando capas aislantes térmicamente que reducen el coeficiente de transferencia agregado de calor latente del tubo intercambiador.

Sumario

La presente invención busca incrementar el coeficiente de transferencia agregado de calor latente y reducir el diferencial o gradiente de temperatura entre la cara condensadora y la cara evaporadora de un intercambiador de calor latente mediante una disposición de una cámara de intercambio de calor latente, como está definida en las reivindicaciones.

La cámara de intercambio de calor latente tiene las características siguientes:

- Es una cámara con un nivel de estanqueidad suficiente para mantener un diferencial o gradiente entre la presión en su interior y la presión en la carcasa que contiene a dicha cámara.
- Se puede realizar para su utilización en un intercambiador de calor latente de configuración horizontal o de configuración vertical
- Su cara exterior es condensadora y en ella la fase gaseosa que se condensa libera el calor latente de condensación. Su cara interior es evaporadora y en ella la fase líquida que se evapora absorbe el calor latente de evaporación.
- Su cara interior evaporadora está cubierta de microranuras o microsurcos dentro de los cuales fluye el líquido a evaporar, formando meniscos con una interfase líquido vapor cóncava.
- Su cara exterior condensadora está cubierta de microsurcos, u otra estructura capilar, sobre los que el vapor a condensar se condensa en régimen de condensación capilar formando meniscos con una interfase líquido vapor cóncava.
- La pared de la cámara puede tener una sección en zigzag, almenado u ondulado de forma que el menisco condensador y el menisco evaporador quedan yuxtapuestos en ambas caras de la pared de la cámara, o separados por un corto trayecto térmico entre ambos meniscos.
- Se reducen o eliminan las capas de líquido térmicamente aislante en el trayecto térmico desde el calor latente de condensación liberado en la cara exterior condensadora y el calor latente absorbido en la cara interior evaporadora, gracias a la combinación de los siguientes elementos:
 - Los microsurcos u otra estructura capilar de la cara condensadora tienen la forma, inclinación y sección necesarias para evacuar el líquido condensado, de modo que entre el menisco condensador y el extremo de la estructura capilar que lo alberga, exista una zona libre de capas de líquido.
 - Los microsurcos o microranuras de la cara evaporadora tienen la forma, inclinación y sección necesarias para canalizar el líquido a evaporar y evacuar el resto de líquido no evaporado con la concentración de sales deseada y para conseguir que entre el menisco evaporador y el extremo del microsurco o microranura que lo alberga, exista al menos una zona libre de líquido a lo largo del microsurco o microranura.
 - El aporte ordenado del líquido a evaporar dentro de los microsurcos o microranuras en la cara evaporadora. La disposición de la cara evaporadora en el interior de la cámara permite acceder de modo fácil en el interior de todas y cada una de las cámaras y realizar un aporte ordenado y uniforme de líquido dentro de

los microsurcos o microranuras de la cara evaporadora de cada cámara, minimizando los desbordamientos de líquido por encima de los microsurcos i minimizando las zonas secas. De forma que se supera el problema actual de tubos intercambiadores configurados en un haz de tubos horizontales, cuya superficie evaporadora se encuentra en la cara exterior de un tubo del estado del arte, en los que es prácticamente imposible aportar el líquido a los tubos situados en la parte central del haz de tubos del intercambiador, sin formar películas de líquido, dado que el aporte de agua en cascada de tubo a tubo implica un caudal superior al que pueden contener los microsurcos de la cara evaporadora exterior. En la configuración de un haz de tubos horizontales del estado del arte, con la cara evaporadora exterior se forman necesariamente finas películas de agua que reducen el coeficiente agregado de transferencia de calor latente. Mientras que, si la cara evaporadora se sitúa en el interior del tubo, se puede acceder directamente dentro de cada tubo y realizar un aporte controlado, dosificado, uniforme y preciso dentro de los microsurcos, sin formación de capas de agua desbordante.

La combinación de una buena dosificación del líquido mediante el sistema de aporte en la cara interior evaporadora, combinado con la evaporación dentro de la estructura capilar que la cubre permite la reducción o eliminación de capas de líquido sobre la cara evaporadora.

La ausencia de capas de líquido con resistencia térmica en el trayecto entre el punto de liberación de calor latente de condensación y el punto de absorción de calor latente de evaporación permite conseguir mayores coeficientes de transferencia de calor latente del intercambiador, lo cual permite reducir los diferenciales o gradientes de temperatura entre el vapor de la cara condensadora y el vapor de la cara evaporadora.

25 Breve descripción de las figuras

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

Figura 1 muestra un corte transversal de la cámara de intercambio de calor latente y de su sistema interno de aporte de líquido a evaporar. Así como una vista de la pared exterior condensadora de la cámara de intercambio de calor latente cubierta, al menos en parte, de microsurcos u otra estructura capilar;

Figura 2 muestra un corte longitudinal de una cámara de intercambio de calor latente en un modo de realización con los microsurcos perpendiculares al eje de la cámara y un detalle ampliado de su sección en zigzag;

Figura 3 muestra un corte transversal de un dispositivo horizontal de carcasa y cámaras, en un modo de realización con las cámaras colocadas en hileras superpuestas;

Figura 4 muestra un corte transversal de una cámara en un modo de realización con sección irregular ondulada y con una vista de su cara exterior con microranuras o microsurcos; y

- 5 Figura 5 muestra un corte transversal de un dispositivo con cámaras en disposición vertical y un detalle de la cámara con sistema de aporte interno de solución salina

Descripción

Las figuras 1 y 2 muestran una disposición de una cámara 1 de intercambio de calor latente condensadora en su cara exterior y evaporadora en su cara interior.

- 10 La cara exterior de la cámara de intercambio de calor latente está cubierta 4, al menos en parte, de microsurcos u otra estructura capilar en los que el vapor se condensa en régimen de condensación capilar. El líquido condensado sobre la cara exterior forma meniscos 8 con una interfase líquido vapor cóncava. Sobre este menisco se produce la condensación capilar y se libera energía en forma de calor latente.

- 15 La cara interior de la cámara de intercambio de calor latente está cubierta, al menos en parte, de microsurcos o microranuras en los que el líquido a evaporar fluye ordenadamente, formando meniscos 7 con una interfase líquido vapor cóncava. Desde el extremo superior de estos meniscos 7 se produce la más eficiente evaporación y se absorbe el calor latente.

- La cámara de intercambio de calor latente condensadora en su cara exterior y evaporadora
20 en su cara interior se puede realizar en una configuración horizontal como muestra la figura 1 o en una configuración vertical. Una forma de realización es con los microsurcos o microranuras paralelos al eje de la cámara para su instalación en configuración vertical. Otra forma de realización es con los microsurcos o microranuras perpendiculares al eje de la cámara para su instalación en configuración horizontal.

- 25 La cámara de intercambio de calor latente tiene una sección 1 ovalada como se muestra en la figura 1 o también puede tener una sección cuadrada, rectangular, circular o irregular como se muestra en la figura 4. La sección es un parámetro que dependerá de las características del dispositivo en el que se incorpore el intercambiador de calor y de la destilación a realizar.

- Para las cámaras funcionando en configuración horizontal, en el interior de la cámara se
30 incorpora al menos un mecanismo de aporte 2 del líquido a evaporar cuyo exceso 3 se evacua desde la zona inferior de la cámara de intercambio. Este mecanismo de aporte 2 del líquido a evaporar puede ser tipo ducha, aspersion, spray o nebulización para crear una pulverización o neblina que moje los microsurcos o microranuras, formando meniscos y sin crear

desbordamientos por encima de los microsurcos. La evacuación del exceso de líquido 3 sobrante y del vapor liberado en el proceso de evaporación se hace desde al menos uno de los extremos de la cámara o de aperturas específicas de la cámara para estas funciones.

5 Como se muestra en la figura 5, para las cámaras funcionando en vertical, se puede aportar el líquido a evaporar sobre la cara interior evaporadora de la cámara mediante un sistema de aporte 19 del líquido a presión, al menos en la parte superior de cada cámara, y se pueden utilizar mecanismos o diseños de aporte gravitacional dentro de la cámara del líquido a evaporar.

10 La figura 2 muestra una sección longitudinal 5 de la pared de la cámara de intercambio de calor latente, en un modo de realización con los microsurcos perpendiculares al eje de la cámara, y una ampliación de su sección 6 en zigzag para yuxtaponer o aproximar el menisco evaporador 8 al menisco evaporador 7 y conseguir un trayecto térmico 9 libre de capas de líquido. Esta aproximación de los meniscos y el trayecto térmico libre de capas de agua también se puede conseguir con una sección en almenado u ondulada.

15 La cara interior de la cámara de intercambio de calor latente está cubierta de microsurcos o microranuras en los que el líquido a evaporar forma un menisco 7 con una interfase líquido vapor cóncava. Desde el extremo superior de este menisco 7 se produce la más eficiente evaporación del líquido a evaporar. La sección del microsurco o microranura y su inclinación son suficientes para que entre el extremo de este menisco 7 y el extremo del microsurco o
20 microranura que lo alberga se encuentre una zona libre de capas o películas de líquido.

La cara exterior de la cámara de intercambio de calor latente está cubierta de microsurcos u otras estructuras capilares en las que el vapor se condensa en régimen de condensación capilar y forma meniscos 8 con una interfase líquido vapor cóncava. La sección del microsurco u otra estructura capilar y su inclinación son suficientes para que entre el extremo del menisco
25 8 de líquido condensado y el extremo de la estructura capilar que lo alberga, exista una zona libre de capas o películas de líquido.

La cámara 1, 5, 20 de intercambio de calor latente con evaporación capilar en su interior y condensación capilar en su exterior minimiza la formación de películas de líquido, térmicamente aislantes, por la combinación de los factores siguientes:

30

1- Entre el extremo del menisco condensador 8 y el extremo de la estructura capilar de la cara exterior de la pared de la cámara queda una zona libre de capas de líquido condensado por la que se transfiere de manera eficiente la energía liberada en forma de calor latente de condensación. En la cara interior evaporadora también existe una

5 zona libre de capas de líquido entre el extremo del menisco 7 y el extremo de la estructura capilar que lo alberga. De modo que existe un eficiente trayecto térmico 9, libre de capas de líquido, entre la parte superior del menisco 8 condensador donde se libera el calor latente de condensación sobre la cara exterior y el extremo superior del menisco 7 de líquido a evaporar sobre la cara interior, donde se absorbe el calor latente.

10 2- El aporte del líquido sobre la cara evaporadora interior no se hace en régimen de película descendente. El líquido a evaporar se aporta al interior de los microsurcos o microranuras por los que fluye formando meniscos. En una configuración horizontal de la cámara de intercambio de calor latente, se incorpora al menos una canalización 2 en el interior de la cámara con unos dispositivos de distribución del líquido a evaporar situados a lo largo del tubo. Unas formas de esta distribución del líquido pueden ser por ducha, aspersión, espray o nebulización creando unas microgotas o neblina dentro
15 de la cámara que moja todos los microsurcos o microranuras.

En una configuración vertical de la cámara de intercambio de calor latente, el líquido a evaporar se aporta mediante al menos una canalización 19 con al menos un mecanismo de distribución del líquido en la parte superior de la cámara. Unas formas de esta distribución del líquido a evaporar pueden ser por ducha, aspersión, espray o nebulización. También se pueden utilizar al menos un sistema de desbordamiento o de aporte gravitacional del líquido a evaporar, colocado en la parte superior de la
20 cámara, para aportar el líquido a evaporar ordenadamente dentro de los microsurcos o microranuras de la cara interior de la cámara.

25 3- La disposición de la cara evaporadora en el interior de la cámara permite aportar de manera dosificada y uniforme, dentro de los microsurcos o microranuras en la cara evaporadora de cada cámara, la cantidad de líquido a evaporar, sin formar rebosamientos de líquido por encima de los microsurcos que darían lugar a capas de líquido aislantes térmicamente. De este modo se supera el actual problema de los haces de tubos en posición horizontal con la cara evaporadora exterior, en los que es
30 imposible aportar líquido sobre la cara exterior de los tubos situados en el centro del haz, sin crear películas de líquido de un grosor superior a los microsurcos evaporadores debido a que el caudal necesario para suministrar líquido a todos los tubos impone grosores superiores al volumen de líquido que puede fluir dentro de los
35 microsurcos. En el caso de configuraciones verticales la colocación de un dosificador, pulverizador o spray en el interior de cada cámara permite un aporte uniforme y preciso

dentro de todos los microsurcos o microranuras de la cara evaporadora en el interior de la cámara. En caso de configuraciones verticales también se puede disponer de al menos un sistema de rebosamiento gravitacional dosificado, uniforme y preciso para aportar el líquido a evaporar en el interior de las microranuras o microsurcos de cada

5 cámara.

De modo que entre el punto en el que se desprende el calor latente de condensación sobre el menisco 8 en la cara condensadora exterior y el punto de absorción del calor latente de evaporación en el extremo del menisco 7 en la cara evaporadora interior, la energía se

10 transfiere por un trayecto térmico 9 libre de capas de líquido, reduciendo o eliminando de las resistencias térmicas que imponen las capas de líquido.

Este trayecto 9 libre de capas o películas de líquido también se produce teóricamente en los tubos evaporadores-condensadores con estructuras capilares en su cara interior condensadora y en su cara exterior evaporadora. Pero en la práctica, cuando estos tubos se

15 colocan formando un haz de tubos, en un intercambiador de calor latente, el acceso sobre la cara exterior de los tubos dentro del haz es difícil, especialmente en configuraciones horizontales, y el aporte del líquido sobre la cara exterior evaporadora de estos tubos acaba desbordando los microsurcos y formando películas descendentes que cubren los microsurcos y formando zonas secas. Ambos fenómenos reducen el coeficiente agregado de transferencia

20 de calor latente. Para evitar estos problemas de aporte del fluido dentro de los microsurcos de la cara evaporadora, es fundamental invertir el posicionamiento de la cara evaporadora y colocarla en el interior de la cámara de intercambio de calor latente donde se puede realizar un aporte preciso del líquido a evaporar dentro de los microsurcos o microranuras.

La disposición de la zona evaporadora en la cara interior de la cámara también facilita los

25 procesos periódicos de limpieza química, asegurando que toda la superficie evaporadora quede sumergida en líquido limpiador durante el plazo de tiempo programado. El sistema de aporte 2 también permite aplicaciones periódicas de limpieza a presión dentro de la cámara.

Las cámaras de intercambio de calor latente pueden tener una altura igual al diámetro de la carcasa que las alberga o puede tener una altura menor. La figura 3 muestra un corte

30 transversal de una forma de realización con un dispositivo de carcasa con cámaras horizontales agrupadas en hileras y colocadas en pisos superpuestos. La altura de la cámara se puede adaptar a los condicionantes de la destilación a hacer. Su altura puede ser, entre otros factores, función de la combinación del caudal que puede fluir por el microsurco o

microranura, del ratio de evaporación y de la concentración a la que se quiera dejar el resto de líquido evaporado.

La figura 4 muestra un corte transversal y una visión de la cara exterior de una forma de realización con una cámara cubierta de microranuras con una sección10 irregular ondulada.

- 5 Esta sección 10 permite que la cámara ocupe un volumen similar al que ocupa un haz de tubos en una configuración actual de un intercambiador de calor latente de tubos del estado del arte

La disposición de cámaras de intercambio de calor latente con condensación capilar en su cara exterior y evaporación desde el extremo del menisco en los capilares en su cara interior
10 y con la eficiente distribución del fluido dentro de los microsurcos o microranuras que se consigue con un aporte preciso del líquido a evaporar en el interior de la cámara permiten:

- 1- Conseguir en la práctica coeficientes de transferencia de calor latente superiores al de los actuales intercambiadores de calor latente;
- 15 2- Trabajar con diferenciales de temperatura entre la temperatura del vapor condensado en la cara exterior y la temperatura del vapor evaporado en la cara interior llegando a gradientes de sólo 0,2°C, y menos, más el salto de temperatura requerido por la elevación del punto de ebullición de la solución salina a evaporar;
- 20 3- Conseguir estos coeficientes de transferencia y gradientes de temperatura trabajando a temperaturas bajas. Concretamente, para el caso de dispositivos de desalinización, trabajando con temperaturas que pueden ser similares o próximas a la temperatura ambiente del líquido a desalinizar.