

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 707 702**

51 Int. Cl.:

F25J 3/04 (2006.01)

F25J 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.09.2014 PCT/US2014/056951**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.08.2015 WO15116256**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.09.2014 E 14783951 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2018 EP 3099990**

54 Título: **Sistema de condensador-rehervidor y procedimiento**

30 Prioridad:

29.01.2014 US 201414167339

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

04.04.2019

73 Titular/es:

**PRAXAIR TECHNOLOGY INC. (100.0%)
39 Old Ridgebury Road
Danbury, CT 06810, US**

72 Inventor/es:

**SHELAT, MAULIK R.;
CHAKRAVARTHY, VIJAYARAGHAVAN S. y
KWARK, SANG MUK**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 707 702 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 de condensador-rehervidor y procedimiento

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un sistema de condensación y vaporización para una unidad de separación de aire criogénica. Más específicamente, la presente invención es un sistema de condensador-rehervidor mejorado y procedimiento adaptados para usar un flujo ascendente de vapor rico en nitrógeno dentro del condensador-rehervidor para condensar el vapor rico en nitrógeno y acumular los productos no condensables en la parte superior o región superior del condensador-rehervidor.

Antecedentes

15 En el documento US2633717A se describe un sistema de condensación y vaporización para una unidad de separación de aire de columna de destilación que comprende:

uno o más módulos de condensador-rehervidor que tienen una cubierta que define una parte de arriba, un fondo, uno o más lados laterales, una porción superior, y una porción inferior, el uno o más módulos de condensador-rehervidor dispuestos dentro de una columna de presión más baja y configurados para recibir un medio de condensación en una entrada de condensación, un líquido rico en oxígeno procedente de la columna de presión más baja en una entrada de líquido rico en oxígeno, y que definen además una salida de condensado en las proximidades del fondo y una salida de efluente rico en oxígeno;

25 un intercambiador de calor dispuesto en el uno o más módulos de condensador-rehervidor, el intercambiador de calor configurado para vaporizar parcialmente el líquido rico en oxígeno formando un efluente rico en oxígeno y condensar el medio de condensación formando un condensado;

30 donde el medio de condensación se libera dentro del intercambiador de calor en los módulos de condensador-rehervidor y fluye en una dirección ascendente y hacia el exterior radial dentro del uno o más módulos de condensador-rehervidor y los productos no condensables presentes en el medio de condensación se acumulan en las proximidades de la porción superior o parte de arriba del uno o más módulos de condensador-rehervidor; y

35 uno o más orificios de ventilación dispuestos en las proximidades de la porción superior o parte de arriba de la cubierta para el uno o más módulos de condensador-rehervidor y configurados para eliminar los productos no condensables acumulados del interior del uno o más módulos de condensador-rehervidor.

Un aspecto importante de un sistema de separación de aire criogénica que emplea una columna de destilación es el sistema de condensación y vaporización, y más específicamente, la condensación del vapor de la columna de presión más alta frente al rehervido del líquido del fondo de la columna de presión más baja para proporcionar reflujo para las columnas y proporcionar un flujo ascendente adecuado de vapor a través del empaquetamiento estructurado en la columna de presión más baja. El rehervido de oxígeno líquido se realiza por intercambio de calor con vapor de nitrógeno procedente de la parte de arriba de la columna de presión más alta. Durante los procesos de intercambio de calor, el vapor de nitrógeno se condensa, y al menos algo del condensado es devuelto a la columna de presión más alta para actuar como fuente de reflujo para la columna de presión más alta. En algunas configuraciones de condensador-rehervidor, el intercambio de calor entre el oxígeno líquido en ebullición y el nitrógeno en condensación se lleva a cabo en un intercambiador de calor de carcasa y tubos con el oxígeno líquido fluyendo normalmente dentro de los tubos del intercambiador de calor mientras el vapor de la parte de arriba de la columna de presión más alta es procesado en el lado de la carcasa del intercambiador de calor. Tales intercambiadores de calor de carcasa y tubos ofrecen la ventaja de características de funcionamiento mejoradas desde una perspectiva de la seguridad. La compacidad del intercambiador de calor de carcasa y tubos se logra teniendo superficies de ebullición y condensación aumentadas, como se describe en general en las patentes de Estados Unidos N^{os} 7.421.856; 6.393.866; y 5.699.671 y la solicitud de patente publicada de Estados Unidos N^o 2007/0028649.

55 Existen dos tipos principales de intercambiadores de calor usados en el proceso de condensación-rehervido incluyendo un intercambiador de calor de tipo de termosifón y un intercambiador de calor de tipo de flujo descendente. En un intercambiador de calor de tipo de termosifón, el líquido de oxígeno líquido entra en los tubos por el fondo y se vaporiza a medida que asciende por los tubos. En un intercambiador de calor de flujo descendente, el líquido de oxígeno líquido se vaporiza a medida que fluye hacia abajo dentro de los tubos. Aunque estas dos

configuraciones garantizan el funcionamiento seguro del proceso de vaporización de oxígeno, estas dos configuraciones también tienen ciertas desventajas.

Otros problemas que disminuyen el rendimiento térmico del condensador-rehervidor y, a su vez, afectan negativamente a la eficiencia energética y los costes de operación de la unidad de separación de aire criogénica son la acumulación de productos no condensables en el condensador-rehervidor principal. Los productos no condensables, tales como el neón y el helio, están presentes en cantidades muy pequeñas en el aire, pero la acumulación de los productos no condensables dentro de un condensador-rehervidor principal tiene como resultado una mayor resistencia a la transferencia de calor específica que requiere una mayor diferencia de temperatura global entre el nitrógeno en condensación y el oxígeno en ebullición. Como se indica anteriormente, la mayor diferencia de temperatura global entre el nitrógeno en condensación y el oxígeno en ebullición se traduce en una mayor necesidad de presión para el vapor de nitrógeno entrante, lo que, en última instancia, tiene como resultado potencia de compresión y costes asociados superiores para la unidad de separación de aire. A menos que los productos no condensables sean eliminados de las superficies de intercambio de calor frías del condensador-rehervidor principal, la diferencia de temperatura máxima entre el nitrógeno en condensación y el oxígeno en ebullición podría ser más alta.

Además, como los productos no condensables tienden a agregarse o acumularse sobre las superficies de transferencia de calor del condensador-rehervidor principal donde las velocidades de vapor globales son inferiores, las zonas de alta concentración de productos no condensables en muchos diseños actuales se dispersan por todo el condensador-rehervidor principal de modo que se vuelve difícil recogerlos y retirarlos, lo que para algunos de los productos no condensables tales como el neón que tiene valor comercial significativo, no pueden recuperarse de una manera rentable.

Por consiguiente, existe una necesidad de un sistema de condensación y vaporización mejorado que pueda emplearse eficazmente para condensar vapor de nitrógeno y vaporizar oxígeno líquido en una unidad de separación de aire criogénica que no adolezca de las desventajas identificadas anteriormente.

Resumen de la invención

La presente invención es una unidad de separación de aire basada en columna de destilación como se define en la reivindicación 1 y un procedimiento para llevar a cabo separación de aire criogénica como se define en la reivindicación 6. Las realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

La presente invención emplea un sistema de condensador-rehervidor de tipo de tubos y carcasa y un procedimiento mejorados para uso en unidades de separación de aire criogénica y adaptados para usar un flujo ascendente de un medio de condensación tal como un vapor rico en nitrógeno o vapor de aire dentro del rehervidor de condensador para acumular así los productos no condensables en la parte de arriba o región superior del condensador-rehervidor. El medio de condensación se introduce en el módulo desde la parte de arriba pero se libera dentro de la carcasa en las proximidades de la parte inferior o fondo de la carcasa para iniciar el flujo generalmente ascendente del medio de condensación, mientras que el condensado fluye hacia abajo y es retirado cerca del fondo de la carcasa.

El intercambiador de calor es un intercambiador de calor de carcasa y tubos que comprende dos placas de tubos opuestas, una carcasa cilíndrica que conecta las dos placas de tubos opuestas, y una pluralidad de tubos que se extienden entre las mismas para intercambiar calor indirectamente entre el líquido rico en oxígeno que fluye dentro de la pluralidad de tubos y el medio de condensación que fluye hacia arriba dentro de la carcasa cilíndrica. El intercambiador de calor puede ser un intercambiador de calor de tipo de termosifón con la entrada de líquido rico en oxígeno dispuesta en las proximidades del fondo del módulo de condensador-rehervidor y la salida de efluente rico en oxígeno está dispuesta cerca de la parte de arriba.

Alternativamente, el intercambiador de calor puede ser un intercambiador de calor de tipo de flujo descendente donde la entrada de líquido rico en oxígeno está dispuesta en las proximidades de la parte de arriba del módulo de condensador-rehervidor y la salida de efluente rico en oxígeno está dispuesta en las proximidades del fondo del módulo de condensador-rehervidor. En el caso de un intercambiador de calor de tipo de flujo descendente, el líquido rico en oxígeno puede ser bombeado desde el fondo de la columna de presión más baja hasta la parte de arriba o porción superior del módulo de condensador-rehervidor para rehervido o el líquido rico en oxígeno puede ser recogido del líquido descendente en la columna de presión más baja usando un colector dispuesto por encima de la parte de arriba del módulo de condensador-rehervidor donde puede suministrarse a la parte de arriba o porción superior del módulo de condensador-rehervidor para rehervido.

El módulo de condensador-rehervidor puede configurarse en una diversidad de disposiciones incluyendo la realización de la invención donde la salida de condensado está dispuesta en las proximidades del fondo del módulo de condensador-rehervidor. Otra realización proporciona la salida de condensado en las proximidades del fondo del módulo de condensador-rehervidor pero cerca del lado lateral o los bordes periféricos de la cubierta. Aún más, pueden proporcionarse múltiples salidas de condensado incluyendo una salida dispuesta de manera central y una salida dispuesta periféricamente.

Aún otras realizaciones del presente condensador-rehervidor contemplan proporcionar una placa de choque o placas deflectoras dispuestas de manera central en una porción inferior o una porción superior del módulo de condensador-rehervidor. La placa de choque o las placas deflectoras están configuradas para desviar radialmente el flujo ascendente del medio de condensación (p. ej., vapor rico en nitrógeno o vapor de aire) para aumentar la dispersión del medio de condensación a las superficies de condensación y minimizar también el posible flujo de circunvalación a través de la dirección axial. Alternativamente, algunas realizaciones de los módulos de condensador-rehervidor pueden incluir una estructura de distribución dispuesta de manera central en una porción inferior del módulo de condensador-rehervidor y configurada para distribuir radialmente el flujo del medio de condensación para dispersar el vapor rico en nitrógeno a las superficies de condensación. La entrada del medio de condensación puede estar dispuesta en la parte de arriba del módulo de condensador-rehervidor y dirigida por un conducto a la estructura de distribución perforada donde se inicia el flujo ascendente del vapor rico en nitrógeno.

En ejemplos alternativos que no están cubiertos por las reivindicaciones, la entrada del medio de condensación puede estar dispuesta en el fondo del módulo de condensador-rehervidor donde el flujo ascendente y radialmente hacia el exterior del medio de condensación se inicia en cuanto entra en la cubierta o la carcasa.

La presente invención puede incluir además uno o más orificios de ventilación dispuestos en las proximidades de la parte de arriba de los módulos de condensador-rehervidor. Los orificios de ventilación están configurados para retirar continuamente los productos no condensables acumulados del interior del uno o más módulos de condensador-rehervidor. El uno o más orificios de ventilación pueden estar dispuestos de manera central en las proximidades de la parte de arriba del módulo de condensador-rehervidor o en las proximidades del lado lateral o los bordes periféricos de la cubierta de módulo de condensador-rehervidor o ambos. Tras la retirada de los módulos de condensador-rehervidor, los productos no condensables pueden ser separados y purificados con el fin de recuperar los gases productos no condensables seleccionados.

Breve descripción de los dibujos

Aunque la memoria descriptiva concluye con reivindicaciones que señalan claramente el objeto que los solicitantes consideran su invención, se cree que la invención se comprenderá mejor cuando se tome en relación con los dibujos adjuntos, en los que:

la Fig. 1 es una ilustración esquemática de una disposición de columna de destilación en una unidad de separación de aire que representa el condensador-rehervidor en una disposición de tipo de flujo descendente para ebullición de una corriente de oxígeno líquido y flujo ascendente del vapor de nitrógeno que no es de acuerdo con la presente invención;

la Fig. 2 es otra ilustración esquemática de una disposición de columna de destilación en una unidad de separación de aire que representa el condensador-rehervidor en una disposición de tipo de termosifón para ebullición de una corriente de oxígeno líquido y flujo ascendente del vapor de nitrógeno que no es de acuerdo con la presente invención;

la Fig. 3 es una vista en corte en alzado de una realización del módulo de condensador-rehervidor con una disposición de tipo de termosifón para ebullición de una corriente de oxígeno líquido y distribución de flujo generalmente ascendente del vapor rico en nitrógeno;

la Fig. 4 es una vista en corte en alzado de otra realización del módulo de condensador-rehervidor con una disposición de tipo de flujo descendente para ebullición de una corriente de oxígeno líquido y distribución de flujo generalmente ascendente del vapor rico en nitrógeno;

la Fig. 5 es una vista en corte en alzado de otra realización adicional del módulo de condensador-rehervidor con una disposición de tipo de termosifón para ebullición de una corriente de oxígeno líquido y distribución de flujo generalmente ascendente del vapor rico en nitrógeno con distribuidor perforado;

la Fig. 6 es una vista en corte en alzado de otra realización adicional del módulo de condensador-rehervidor con una disposición de tipo de flujo descendente para ebullición de una corriente de oxígeno líquido y distribución de flujo generalmente ascendente del vapor rico en nitrógeno con distribuidor perforado;

la Fig. 7 es una vista en corte en alzado de aún otra realización adicional del módulo de condensador-rehervidor con una disposición de tipo de termosifón para ebullición de una corriente de oxígeno líquido y distribución de flujo

generalmente ascendente del vapor rico en nitrógeno;

la Fig. 8 es una vista en corte en alzado de aún otra realización adicional del módulo de condensador-rehervidor con una disposición de tipo de flujo descendente para ebullición de una corriente de oxígeno líquido y distribución de flujo generalmente ascendente del vapor rico en nitrógeno;

5 la Fig. 9 es una vista en corte en alzado de un módulo de condensador-rehervidor que no es de acuerdo con la presente invención con una disposición de tipo de termosifón para ebullición de una corriente de oxígeno líquido y flujo ascendente del vapor de nitrógeno;

la Fig. 10 es una vista en corte en alzado de otro módulo de condensador-rehervidor que no es de acuerdo con la presente invención con una disposición de tipo de flujo descendente para ebullición de una corriente de oxígeno líquido y un flujo ascendente del vapor de nitrógeno;

10 la Fig. 11 es una vista en corte en alzado de otro módulo de condensador-rehervidor con una disposición de tipo de termosifón para ebullición de una corriente de oxígeno líquido y flujo ascendente del vapor de nitrógeno que no es de acuerdo con la presente invención;

la Fig. 12 es una vista en corte en alzado de otro módulo de condensador-rehervidor con una disposición de tipo de flujo descendente para ebullición de una corriente de oxígeno líquido y flujo ascendente del vapor de nitrógeno que no es de acuerdo con la presente invención;

15 la Fig. 13 es una vista en corte en alzado de otro módulo de condensador-rehervidor que no es de acuerdo con la presente invención con una disposición de tipo de termosifón para ebullición de una corriente de oxígeno líquido y flujo ascendente del vapor de nitrógeno;

20 la Fig. 14 es una vista en corte en alzado de otro módulo de condensador-rehervidor que no es de acuerdo con la presente invención con una disposición de tipo de flujo descendente para ebullición de una corriente de oxígeno líquido y flujo ascendente del vapor de nitrógeno.

En aras de evitar la repetición, algunos de los elementos comunes en las diversas figuras utilizan los mismos números donde la explicación de tales elementos no cambiaría de figura a figura.

Descripción detallada

Volviendo ahora a la Fig. 1 y la Fig. 2, en ellas se muestra una ilustración esquemática de una disposición de columna de destilación en una unidad de separación de aire que representa un módulo de condensador-rehervidor típico con flujo ascendente del medio de condensación tal como vapor de nitrógeno o vapor de aire. La Fig. 1 muestra el condensador-rehervidor con flujo ascendente del vapor de nitrógeno configurado como un intercambiador de calor de tipo de flujo descendente mientras que la Fig. 2 muestra el condensador-rehervidor con flujo ascendente del vapor de nitrógeno configurado como un intercambiador de calor de tipo de termosifón.

35 Cada una de las disposiciones de columna de destilación (10) y (11) tiene una columna de destilación de presión más alta (12) y una columna de destilación de presión más baja (13) y un módulo de condensador-rehervidor principal (14) que conecta las columnas de destilación de presión más alta y de presión más baja en una relación de transferencia de calor. Las disposiciones de columna de destilación (10) y (11) están diseñadas específicamente para llevar a cabo un proceso de destilación en conexión. Las disposiciones de columna de destilación (10) y (11) se usan en la separación para producir productos enriquecidos en nitrógeno y oxígeno. Aunque no se ilustra, como también es bien conocido, en una unidad de separación de aire (ASU, del inglés "air separation unit"), el aire entrante es comprimido, purificado y enfriado a una temperatura adecuada para su rectificación. El aire purificado y enfriado se introduce después dentro de la columna de destilación de presión más alta (12) donde una fase de vapor ascendente es puesta en contacto con la fase líquida descendente mediante elementos de contacto de transferencia de masa conocidos que pueden ser empaquetamiento estructurado, empaquetamiento aleatorio o platos perforados o una combinación de tales empaquetamiento y platos. La fase de vapor ascendente del aire se vuelve rica en nitrógeno a medida que asciende y una fase líquida descendente se vuelve rica en oxígeno. Como resultado, un líquido del fondo conocido como oxígeno líquido crudo o líquido de caldera se recoge en el fondo de la columna de presión más alta (12) y un vapor rico en nitrógeno (15) se recoge en la parte de arriba o porción superior de la columna de presión más alta (12).

Una corriente del vapor rico en nitrógeno (22) se introduce dentro de un conducto de entrada (24) que está acoplado al módulo de condensador-rehervidor (14) cerca del fondo. Alternativamente, la corriente rica en nitrógeno puede introducirse en el módulo de condensador-rehervidor cerca de la parte de arriba o el lateral del módulo y liberarse dentro de la carcasa en o cerca del fono de la carcasa. Como se analizará en más detalle más adelante, el vapor rico en nitrógeno (22) liberado dentro de la carcasa fluye en una dirección generalmente ascendente dentro de la carcasa del condensador-rehervidor e intercambia calor indirectamente con el líquido rico en oxígeno de los tubos del condensador-rehervidor para vaporizar parcialmente el líquido de oxígeno y condensar el vapor rico en nitrógeno (22). En el sistema de la Fig. 1, el líquido rico en oxígeno tomado de los fondos de columna (16) puede hacerse

circular mediante la bomba (21) desde el fondo de la columna de presión más baja hasta la parte de arriba o porción más alta del módulo de condensador-rehervidor (14) donde se recoge como (23) y desciende dentro de los tubos del condensador-rehervidor en una disposición de intercambiador de calor de tipo de flujo descendente. La vaporización del líquido rico en oxígeno produce una corriente de efluente rico en oxígeno bifásico (26) que sale en las proximidades del fondo del módulo de condensador-rehervidor (14). La corriente puede extraerse como producto de oxígeno o puede convertirse en parte de la fase vapor ascendente (19) dentro de la columna de destilación de presión más baja (13). Cualquier líquido de oxígeno que no se vaporiza vuelve al fondo de la columna de destilación de presión más baja (13) y los fondos de columna de líquido rico en oxígeno (16).

10 Alternativamente, en el sistema de la Fig. 2, el líquido rico en oxígeno tomado del fondo de columna (16) puede ascender dentro de los tubos del condensador-rehervidor por el efecto de termosifón, analizado anteriormente. La vaporización del líquido rico en oxígeno produce una corriente de efluente rico en oxígeno (26) que forma parte de la fase vapor ascendente (19) dentro de la columna de destilación de presión más baja (13) a medida que la corriente de efluente rico en oxígeno vaporizado (26) sale del módulo de condensador-rehervidor (14). Cualquier líquido de oxígeno que no se vaporiza puede volver al fondo de la columna de destilación de presión más baja (13) y los fondos de columna de líquido de oxígeno (16).

En los dos sistemas mostrados en la Fig. 1 y la Fig. 2, el condensado resultante (20) que consiste en líquido rico en nitrógeno se descarga del fondo del módulo de condensador-rehervidor (14). Una primera porción del condensado (20A) está acoplada a la columna de presión más alta (12) para usarse como corriente de reflujo comprendida por el líquido rico en nitrógeno. Una parte de la segunda porción del condensado (20B) está acoplada a la columna de presión más baja (13) mientras que otra parte de tal corriente (20B) podría tomarse como un producto líquido o bombearse y calentarse, tomada como producto presurizado. Preferentemente, un distribuidor de líquido (no mostrado) está provisto dentro de la porción más alta de la columna de presión más alta (12) y la porción más alta de la columna de presión más baja (13) para recoger el reflujo rico en nitrógeno, (20A) y (20B) respectivamente, y distribuir las corrientes de reflujo a elementos de contacto de transferencia de masa.

Las ventajas proporcionadas por los sistemas descritos anteriormente que no son de acuerdo con la presente invención se refieren a costes de operación más bajos que pueden conseguirse como resultado de las mejoras en la eficiencia térmica del condensador principal, lo que se traduce en ahorros de energía así como potenciales ahorros de capital durante la construcción de una unidad de separación de aire. Las mejoras en eficiencias térmicas pueden lograrse a través de la separación aumentada y la retirada de los productos no condensables acumulados tales como el neón y el helio descargando corrientes de ventilación (29) del condensador-rehervidor (14).

El neón y el helio están presentes en el aire en cantidades muy pequeñas, aproximadamente 18 ppm para el neón y aproximadamente 5 ppm para el helio. Estos productos no condensables tienden a concentrarse a niveles mucho más altos en el condensador principal de una unidad de separación de aire a medida que el vapor rico en nitrógeno se condensa y es retirado para formar las corrientes de reflujo. Estos productos no condensables concentrados también tienden a acumularse o agregarse en o cerca de las superficies de transferencia de calor frías, particularmente en regiones o ubicaciones dentro de los módulos de condensador-rehervidor alejadas de la entrada de vapor rico en nitrógeno donde las velocidades globales del vapor rico en nitrógeno son inferiores. La acumulación o agregación de los productos no condensables puede tener como resultado una resistencia más alta a la transferencia de calor que se produce dentro de los módulos de condensador-rehervidor, lo que a su vez requiere una diferencia de temperatura global más alta entre el nitrógeno en condensación y el oxígeno en ebullición. La diferencia de temperatura global más alta impulsa la necesidad de mayor presión de la columna de presión más alta desde la cual se origina el vapor rico en nitrógeno, lo que en última instancia tiene como resultado potencia de compresión más alta para la unidad de separación de aire.

En los sistemas descritos anteriormente que no son de acuerdo con la presente invención, el vapor rico en nitrógeno se introduce por una entrada que causa el flujo del vapor rico en nitrógeno en una dirección generalmente ascendente y un tanto radial a través de los módulos de condensador-rehervidor. Usando esta disposición de flujo ascendente y radial y contra la gravedad, los productos no condensables tales como el neón y el helio que están presentes en el vapor rico en nitrógeno tenderán a acumularse cerca de la parte de arriba o porción más alta de los módulos de condensador-rehervidor (véase la región (80) en las Figs. 3-14). Durante la condensación, el vapor continúa fluyendo hacia arriba mientras que el condensado fluye en la dirección opuesta, lo que permite un gradiente creciente de concentración de productos no condensables en estado de vapor que debería conducir mayor separación y mayor transferencia de calor de condensación. Además, en los sistemas donde el vapor rico en nitrógeno procedente de la parte de arriba de la columna de presión más alta es alimentado directamente dentro de la porción inferior o fondo del condensador-rehervidor principal, la caída de presión podría reducirse en comparación con los diseños de la técnica anterior.

Además, acumulando los productos no condensables cerca de la parte de arriba o porción más alta de los módulos de condensador-rehervidor, se recogen más fácilmente y se retiran ventilando los productos no condensables, lo que tiene como resultado un aumento de rendimiento de los módulos de condensador-rehervidor. Igualmente importante es que la fácil recogida y retirada de los productos no condensables, tales como el neón y el helio, facilita la separación, purificación y recuperación de gases de alto valor seleccionados, tales como el neón.

Como se describe en más detalle más adelante, la ventilación de los productos no condensables se logra proporcionando uno o más orificios de ventilación y válvulas de control de ventilación asociadas (no mostradas) dispuestos en las proximidades de la parte de arriba de los módulos de condensador-calderón donde se acumulan o agregan los productos no condensables. A través del control de las válvulas de control de ventilación, los productos no condensables acumulados son purgados o retirados del módulo de condensador-rehervidor. Preferentemente, los orificios de ventilación están dispuestos de manera central en la parte de arriba del módulo de condensador-rehervidor o en la parte de arriba del módulo de condensador-calderón en las proximidades del lado lateral o del borde periférico. También puede resultar ventajoso colocar múltiples ubicaciones ventilación en cada módulo de condensador-rehervidor, incluyendo tanto orificios de ventilación dispuestos de manera central como dispuestos periféricamente.

A diferencia de muchos diseños de la técnica anterior, que separan la ubicación del colector de alimentación de vapor rico en nitrógeno y el colector de condensado de nitrógeno líquido, los sistemas presentados en las figuras 1 y 2 permiten que los colectores de alimentación y de condensado estén coubicados. Coubicar la alimentación de vapor rico en nitrógeno a los módulos de condensador-rehervidor con el punto de recogida de condensado de nitrógeno líquido en o por debajo del fondo de los módulos de condensador-rehervidor tiene como resultado una reducción del volumen de colector neto asociado con el condensador principal y aumenta el rendimiento térmico general de los módulos de condensador-rehervidor. Reducir el volumen de colector neto y coubicar el colector de alimentación de vapor rico en nitrógeno con el colector de condensado de nitrógeno líquido por debajo del fondo de cada módulo de condensador-rehervidor permite la reducción de la altura de la columna y el gasto de capital asociado.

En muchos de los diseños de condensador-rehervidor de la técnica anterior, una pluralidad de módulos de condensador-rehervidor a menudo son alimentados por una única tubería de vapor rico en nitrógeno interna o externa que mueve el vapor rico en nitrógeno desde la porción superior de la columna de presión más alta hasta un punto por encima de los módulos de condensador-rehervidor. El flujo de vapor rico en nitrógeno transportado es dividido después y alimentado a la parte de arriba de cada módulo de condensador-rehervidor donde fluye en una orientación descendente entrando en contacto con las superficies de condensación. El condensado de nitrógeno líquido se recoge en el fondo de cada módulo de condensador-rehervidor antes de combinarse en un único condensador o tubería de condensado. Independientemente de la ruta, el colector de alimentación de vapor rico en nitrógeno en la mayoría de los diseños de condensador-rehervidor actuales ocupa un espacio significativo por encima del conjunto, lo que aumenta la altura de la columna, la complejidad y el gasto.

Volviendo ahora a las Figs. 9, 10, 11, 12, 13, 14, en ellas se muestran diversos ejemplos para módulos de condensador-rehervidor (14) que no son de acuerdo con la presente invención. En todos los sistemas ilustrados el módulo de condensador-rehervidor (14) incluye un intercambiador de calor de carcasa y tubos (30A), (30B) que está provisto de dos placas de tubos opuestas (36) y (38). Una carcasa cilíndrica (40) conecta las placas de tubos (36) y (38). Puede estar provista una junta de expansión similar a un fuelle (42) con fines de expansión diferencial. Una pluralidad de tubos de condensación orientados verticalmente que se extienden entre las dos placas de tubos opuestas están dispuestos para intercambiar calor indirectamente entre el líquido rico en oxígeno que fluye por el interior de la pluralidad de tubos y el medio de condensación, tal como un vapor rico en nitrógeno o vapor de aire, que fluye hacia arriba por el interior de la carcasa cilíndrica (40). La placa de tubos (38) está provista de una entrada central de vapor rico en nitrógeno o medio de condensación (44) para permitir que el medio de condensación entre e la carcasa (40). Una tubería de entrada (46) puede estar conectada a la placa de tubos (38) para facilitar el flujo del medio de condensación a través con la entrada central de medio de condensación (44) dentro de los espacios interiores de la carcasa (40). Aunque no se muestra, la tubería de entrada (46) también está conectada a la porción superior de la columna de presión más alta donde se encuentra el suministro del medio de condensación, y más específicamente, vapor rico en nitrógeno.

Una salida de condensado (48) está provista en la placa de tubos (38) para descargar el condensado (20) producido condensando el vapor rico en nitrógeno y formando así el líquido rico en nitrógeno que se usará como corrientes de reflujos (20A), (20B) para la columna de presión más alta y la columna de presión más baja, respectivamente. Además, tal corriente (20B) podría tomarse como un producto líquido o bombearse y calentarse, y tomarse como un

producto presurizado. En la Fig. 11 y la Fig. 12, la salida de condensado (48) está dispuesta de manera central en el fondo del módulo de condensador-rehervidor concéntricamente con respecto a la entrada de medio de condensación (44). En la Fig. 13 y la Fig. 14, la salida de condensado (48) está dispuesta en el fondo del módulo de condensador-rehervidor 14 pero más cerca del borde o la periferia del módulo de condensador-rehervidor (14). Las Figs. 9 y 10 muestran sistemas con múltiples salidas de condensado (48), que incluyen una salida de condensación dispuesta de manera central (48A) y la salida de condensado dispuesta periféricamente (48B) ambas ubicadas en o cerca del fondo del módulo de condensador-rehervidor (14).

Las Figs. 3, 5, 7, 9, 11 y 13 muestran un intercambiador de calor de tipo de termosifón (30A) donde las entradas de líquido rico en oxígeno (54) están asociadas con cada uno de los tubos de condensación orientados verticalmente (55) y dispuestas en las proximidades del fondo del módulo de condensador-rehervidor (14). Igualmente, las salidas de efluente rico en oxígeno (58) están asociadas con cada uno de los tubos de condensación orientados verticalmente (55) y dispuestas en las proximidades de la parte de arriba del módulo de condensador-rehervidor (14). En estos sistemas, el líquido rico en oxígeno en el fondo de la columna de presión más baja se suministra a las entradas de líquido rico en oxígeno (54) para rehervido dentro del intercambiador de calor (30A).

Las Figs. 4, 6, 8, 10, 12 y 14 muestran un intercambiador de calor de tipo de flujo descendente (30B) donde las entradas de líquido rico en oxígeno (54) están dispuestas en un extremo de los tubos orientados verticalmente (55) en las proximidades de la parte de arriba del módulo de condensador-rehervidor (14) y la placa de tubos (36) mientras que la salida de efluente rico en oxígeno (58) está dispuesta en el otro extremo de los tubos de condensación (55) en o cerca del fondo del módulo de condensador-rehervidor (14) y la placa de tubos (38). En estos sistemas, el líquido rico en oxígeno en el fondo de la columna de presión más baja se suministra a las entradas de líquido rico en oxígeno (54) para rehervido dentro del intercambiador de calor (30B).

En todos los sistemas ilustrados, los tubos de condensación (55) son preferentemente todos del mismo diseño y diámetro. Cabe destacar que todos los tubos de condensación (44) podrían estar provistos de una superficie acanalada exterior y el interior de los tubos podría estar provisto de una superficie de ebullición aumentada. Un medio de condensación tal como vapor de nitrógeno entra en cada uno de los módulos de condensador-rehervidor (14) a través de la entrada de medio de condensación central (44) y después fluye en una dirección ascendente y radialmente hacia el exterior como sugieren las flechas (60). Como se ve en las Figs. 9 y 10, los módulos de condensador-rehervidor (14) también pueden incluir una placa de choque (66) que también tendrá un efecto de empuje del flujo de medio de condensación o de vapor rico en nitrógeno en la dirección radial hacia el exterior. La placa de choque (66) está conectada a la placa de tubos (36) o a los tubos orientados verticalmente (55) por medio de un conjunto de soportes (68). En las Figs. 9 y 10, la placa de choque está ubicada en una porción superior del intercambiador de calor (30A), (30B). La placa de choque (66) está configurada para desviar el flujo ascendente del medio de condensación (p. ej., vapor rico en nitrógeno o vapor de aire) y dispersar radialmente el medio de condensación hacia las superficies de condensación dentro de la carcasa (40), concretamente las superficies exteriores de los tubos (55).

Volviendo ahora a la Fig. 3 y la Fig. 4, en ellas se muestra una realización de acuerdo con la presente invención del intercambiador de calor de tipo de termosifón (30A) y el intercambiador de calor de tipo de flujo descendente (30B), respectivamente. Estas dos realizaciones se diferencian de los sistemas analizados anteriormente en que la entrada de medio de condensación (74) no está ubicada en o cerca del fondo del módulo de condensador-rehervidor (14) y la placa de tubos (38) sino más bien en o cerca de la parte de arriba del módulo de condensador-rehervidor (14) y la placa de tubos (36). Aunque no se muestran, sistemas alternativos no de acuerdo con la presente invención también contemplan ubicar la entrada de medio de condensación en o cerca del lado o la periferia de la carcasa (40). El medio de condensación, preferentemente vapor rico en nitrógeno, es dirigido desde la porción superior de la columna de presión más alta por el conducto de entrada (76) dentro de la carcasa (40) hacia la porción inferior del intercambiador de calor (30A), (30B). Al final del conducto de entrada (76) el flujo de medio de condensación o de vapor rico en nitrógeno se libera y se dispersa radialmente dentro de la carcasa (40). Para una mejora adicional de la distribución de flujo de vapor de condensación, las estructuras perforadas pueden usarse en el fondo del conducto de entrada (76) en la Fig. 5 y la Fig. 6. Tras la dispersión, el medio de condensación fluirá en la dirección generalmente ascendente y generalmente hacia el exterior hacia las superficies de condensación.

En la Fig. 7 y la Fig. 8, se muestra aún otra realización del intercambiador de calor de tipo de termosifón (30A) y el intercambiador de calor de tipo de flujo descendente (30B), respectivamente. Al igual que con las realizaciones de las Figs. 3-6, la entrada de medio de condensación (74) no está ubicada en o cerca del fondo del módulo de condensador-rehervidor (14) y la placa de tubos (38) sino más bien en o cerca de la parte de arriba del módulo de condensador-rehervidor (14) y la placa de tubos (36). El medio de condensación es preferentemente un vapor rico en nitrógeno que es dirigido desde la porción superior de la columna de presión más alta por el conducto de entrada

(76) dentro de la carcasa (40) hacia la porción inferior del intercambiador de calor (30A), (30B). Al final del conducto de entrada (76) hay una estructura de distribución similar a un difusor (79) configurada para distribuir radialmente el flujo del vapor rico en nitrógeno y difundir el flujo de vapor rico en nitrógeno en las proximidades de la porción inferior de la carcasa (40). Tras salir del conducto (76), el vapor rico en nitrógeno fluirá en la dirección generalmente ascendente y generalmente hacia el exterior hacia las superficies de condensación. Se muestran una o más placas deflectoras (67) dispuestas de manera central dentro de la carcasa (40) para desviar o empujar el flujo ascendente resultante de vapor rico en nitrógeno liberado dentro de la carcasa (40) en una dirección radial hacia el exterior lejos del conducto (76). Las placas deflectoras (67) también sirven como miembro de soporte central para el grupo más interior de tubos de condensación (55).

10

Las realizaciones de las Figs. 3 – 8 y los ejemplos alternativos no de acuerdo con la presente invención de las Figs. 9-14 incluyen todos uno o más orificios de ventilación o pasajes de ventilación (70) dispuestos en o cerca de la parte de arriba del intercambiador de calor (30A), (30B) y configurados para retirar continuamente los productos no condensables acumulados del interior del uno o más módulos de condensador-rehervidor. En algunos sistemas, los pasajes de ventilación (70) pueden abrirse y/o cerrarse con válvulas de control de ventilación (no mostradas) que están asociadas operativamente con los pasajes de ventilación (70). Cuando se abren, cualquier sustancia no condensable y cualquier producto no condensable acumulados se descargan del módulo de condensador-rehervidor (14). Todos los pasajes de ventilación ilustrados (70) se muestran dispuestos a lo largo de la parte de arriba del intercambiador de calor (30A), (30B) y se muestran penetrando en la placa de tubos (36) desde la porción central hasta los bordes periféricos.

20

Aunque la presente invención ha sido caracterizada de diversas maneras y descrita en relación con realizaciones preferidas, como se les ocurrirá a los expertos en la materia, pueden realizarse numerosos añadidos, cambios y modificaciones a la misma sin apartarse del alcance de la presente invención como se expone en las reivindicaciones adjuntas.

25

REIVINDICACIONES

1. Una unidad de separación de aire basada en columna de destilación que comprende:
- 5 una columna de presión más baja (13);
una columna de presión más alta (12);
- uno o más módulos de condensador-rehervidor (14) que tienen una cubierta que define una parte de arriba, un
10 fondo, uno o más lados laterales, una porción superior, y una porción inferior, el uno o más módulos de
condensador-rehervidor dispuestos dentro de la columna de presión más baja (13), acoplados a la columna de
presión más baja (13) y la columna de presión más alta (12), y configurados para recibir vapor rico en nitrógeno (22)
como medio de condensación procedente de la columna de presión más alta (12) en una entrada de condensación
15 (74) dispuesta de manera central en la parte de arriba de la cubierta, un líquido rico en oxígeno procedente de la
columna de presión más baja en una entrada de líquido rico en oxígeno (54), y que define además una salida de
condensado (48B) en las proximidades del fondo de la cubierta y una salida de efluente rico en oxígeno;
- un intercambiador de calor de carcasa y tubos (30A, 30B) dispuesto en el uno o más módulos de condensador-
rehervidor (14) y que comprende dos placas de tubos opuestas (36, 38) que corresponden a la parte de arriba y el
20 fondo de la cubierta, una carcasa cilíndrica (40) que corresponde al uno o más lados laterales de la cubierta que
conecta las dos placas de tubos opuestas (36, 38), un conducto de entrada (76) dispuesto de manera central y
vertical dentro de la carcasa configurado para dirigir el medio de condensación desde la entrada de condensación
(74) hasta una ubicación en las proximidades de un fondo de la carcasa cilíndrica y una pluralidad de tubos
verticales (55) que se extienden entre las dos placas de tubos opuestas (36, 38), el intercambiador de calor de
25 carcasa y tubos configurado para vaporizar parcialmente el líquido rico en oxígeno que fluye dentro de la pluralidad
de tubos formando así un efluente rico en oxígeno y condensar el medio de condensación dentro de la carcasa
cilíndrica formando un condensado;
- donde el medio de condensación entra en el uno o más módulos de condensador-rehervidor (14) en la entrada de
30 condensación (74), atraviesa el conducto de entrada (76) y es liberado dentro del intercambiador de calor de carcasa
y tubos (30A, 30B) en el uno o más módulos de condensador-rehervidor en el fondo de la carcasa cilíndrica (40) y
fluye en una dirección ascendente y radialmente hacia el exterior dentro de la carcasa cilíndrica y los productos no
condensables presentes en el medio de condensación se acumulan en las proximidades de la porción superior o
parte de arriba del uno o más módulos de condensador-rehervidor; y
35 uno o más orificios de ventilación (70) dispuestos en las proximidades de la porción superior o parte de arriba de la
cubierta para el uno o más módulos de condensador-rehervidor (14) y configurados para retirar los productos no
condensables acumulados del interior del uno o más módulos de condensador-rehervidor (14).
- 40 2. La unidad de separación de aire de acuerdo con la reivindicación 1, donde el intercambiador de calor
es un intercambiador de calor de flujo descendente (30B) y la entrada de líquido rico en oxígeno (54) está dispuesta
en las proximidades de la parte de arriba de la cubierta para el uno o más módulos de condensador-rehervidor (14) y
la salida de efluente rico en oxígeno está dispuesta en las proximidades del fondo de la cubierta del módulo de
condensador-rehervidor.
- 45 3. La unidad de separación de aire de acuerdo con la reivindicación 1, donde el intercambiador de calor
es un intercambiador de calor de termosifón (30A) y la entrada de líquido rico en oxígeno (54) está dispuesta en las
proximidades del fondo del módulo de condensador-rehervidor (14) y la salida de efluente rico en oxígeno está
dispuesta en las proximidades de la parte de arriba de la cubierta para el uno o más módulos de condensador-
rehervidor, y donde el líquido rico en oxígeno en el fondo de la columna de presión más baja (13) es suministrado al
50 módulo de condensador-rehervidor para rehervido.
4. La unidad de separación de aire de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además una
estructura de distribución (79) dispuesta de manera central en una porción inferior de la cubierta para el uno o más
55 módulos de condensador-rehervidor (14) en las proximidades del conducto de entrada (76) y configurada para
distribuir radialmente el flujo del medio de condensación para dispersar el medio de condensación a las superficies
de condensación.
5. La unidad de separación de aire de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además un
60 sistema de recuperación de productos no condensables acoplado al uno o más orificios de ventilación (70) y

configurado para purificar y recuperar los productos no condensables retirados.

6. Un procedimiento para llevar a cabo separación de aire criogénica que comprende:

- 5 separar el aire de alimentación dentro de una columna de presión más alta (12) mediante rectificación criogénica para producir vapor rico en nitrógeno (22) y fluido enriquecido con oxígeno, pasar el fluido enriquecido con oxígeno de la columna de presión más alta (12) a la columna de presión más baja (13), y producir mediante rectificación criogénica un líquido rico en oxígeno dentro de la columna de presión más baja (13);
- 10 dirigir el líquido rico en oxígeno a una pluralidad de tubos orientados verticalmente (55) de un intercambiador de calor de carcasa y tubos (30A, 30B) que comprende dos placas de tubos opuestas (36, 38) que define una parte de arriba y un fondo de una cubierta del uno o más módulos de condensador-rehervidor (14) y una carcasa cilíndrica (40) que define uno o más lados laterales de la cubierta y que está dispuesta en el uno o más módulos de condensador-rehervidor (14) dispuestos dentro de la columna de presión más baja y acoplados a la columna de
- 15 presión más baja y la columna de presión más alta;

vaporizar parcialmente el líquido rico en oxígeno a través de la pluralidad de tubos orientados verticalmente (55) en el uno o más módulos de condensador-rehervidor (14);

- 20 recibir el vapor rico en nitrógeno (22) como un medio de condensación procedente de la columna de presión más alta (12) en una entrada de condensación (74) dispuesta de manera central en la parte de arriba de la cubierta;

- dirigir el medio de condensación desde la entrada de condensación (74) por un conducto de entrada (76) que está dispuesto de manera central y vertical dentro de la carcasa (40) del intercambiador de calor de carcasa y tubos (30A, 30B) y liberar el medio de condensación en las proximidades del fondo del uno o más módulos de condensador-rehervidor (14) para que fluya en una dirección ascendente y radialmente hacia el exterior a través de la carcasa (40) del intercambiador de calor de carcasa y tubos dispuesto en el uno o más módulos de condensador-rehervidor y en contacto con las superficies exteriores de los tubos orientados verticalmente (55) para condensar el medio de condensación por intercambio de calor indirecto con el líquido rico en oxígeno parcialmente vaporizado y producir un
- 25 condensado (20) y un efluente rico en oxígeno (26) donde los productos no condensables presentes en el medio de condensación se acumulan en las proximidades de una porción superior o parte de arriba del uno o más módulos de condensador-rehervidor; y
- 30

- abrir uno o más orificios de ventilación (70) dispuestos en las proximidades de la porción superior o parte
- 35 de arriba del uno o más módulos de condensador-rehervidor (14) para retirar los productos no condensables acumulados del interior del uno o más módulos de condensador-rehervidor (14).

7. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, donde el intercambiador de calor de carcasa y tubos es un intercambiador de calor de carcasa y tubos de flujo descendente (30B) con una entrada de líquido rico en oxígeno (54) dispuesta en las proximidades de la parte de arriba de la cubierta del módulo de condensador-rehervidor y una salida de efluente rico en oxígeno dispuesta en las proximidades del fondo de la cubierta del
- 40 módulo de condensador-rehervidor (14).

8. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, donde el intercambiador de calor de carcasa y
- 45 tubos es un intercambiador de calor de carcasa y tubos de termosifón (30A) y una entrada de líquido rico en oxígeno (54) está dispuesta en las proximidades del fondo de la cubierta del módulo de condensador-rehervidor y una salida de efluente rico en oxígeno está dispuesta en las proximidades de la parte de arriba de la cubierta del uno o más módulos de condensador-rehervidor.

- 50 9. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende además la etapa de purificar los productos no condensables retirados del uno o más módulos de condensador-rehervidor para recuperar productos no condensables seleccionados.

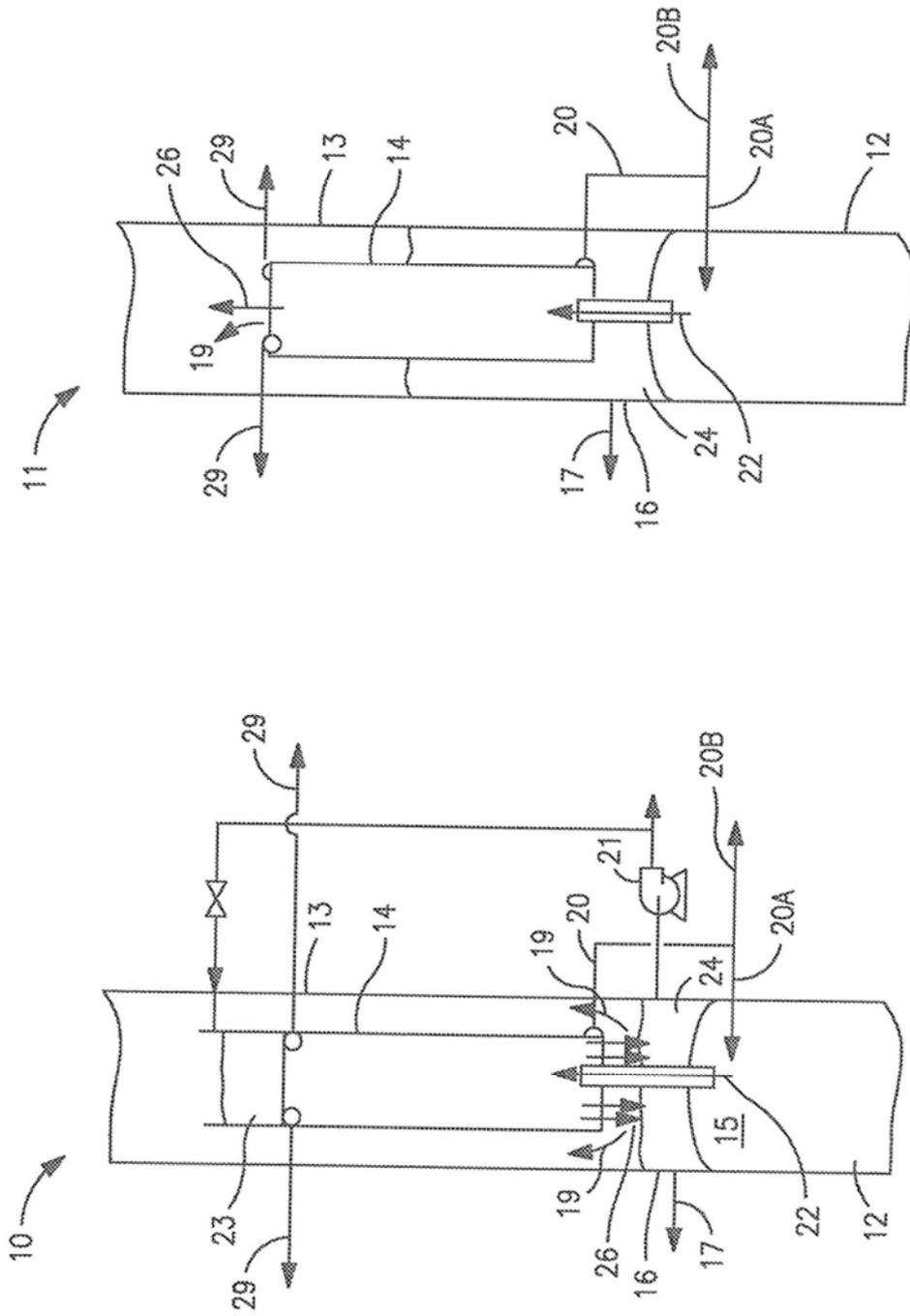


FIG. 1

FIG. 2

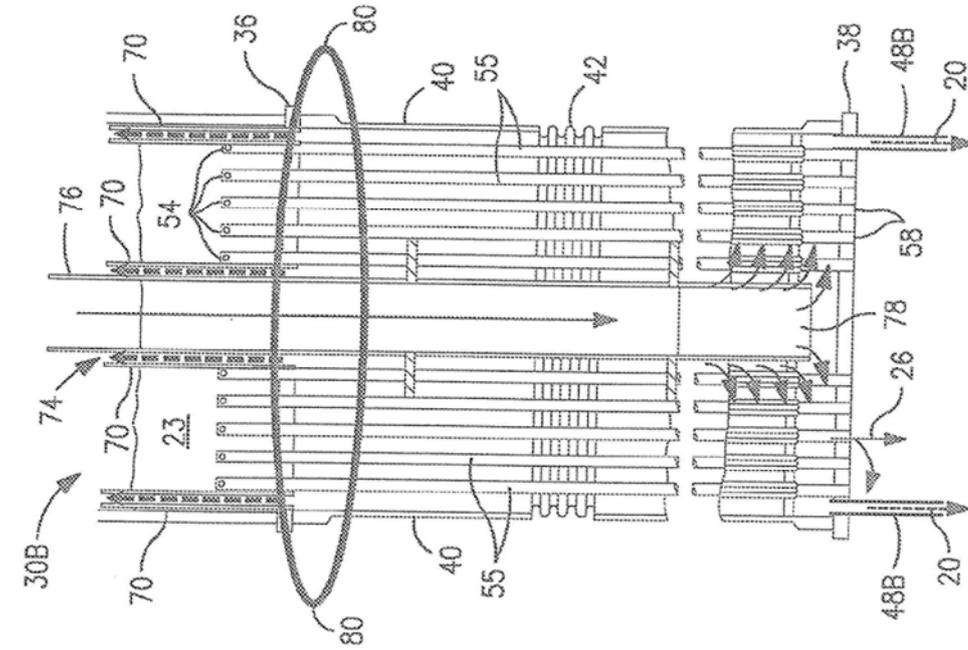


FIG. 5

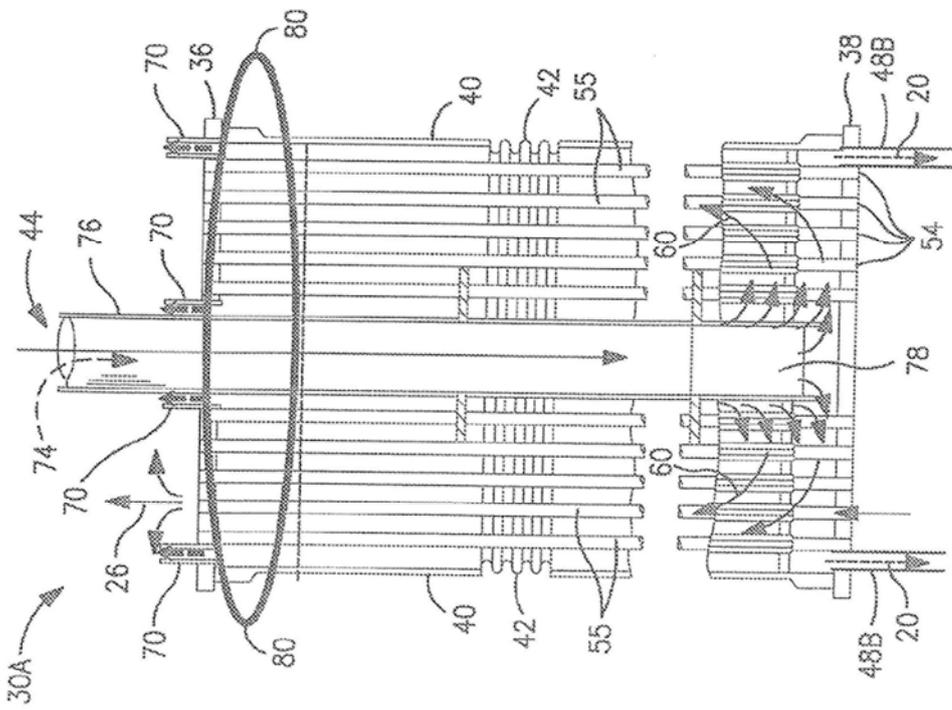


FIG. 6

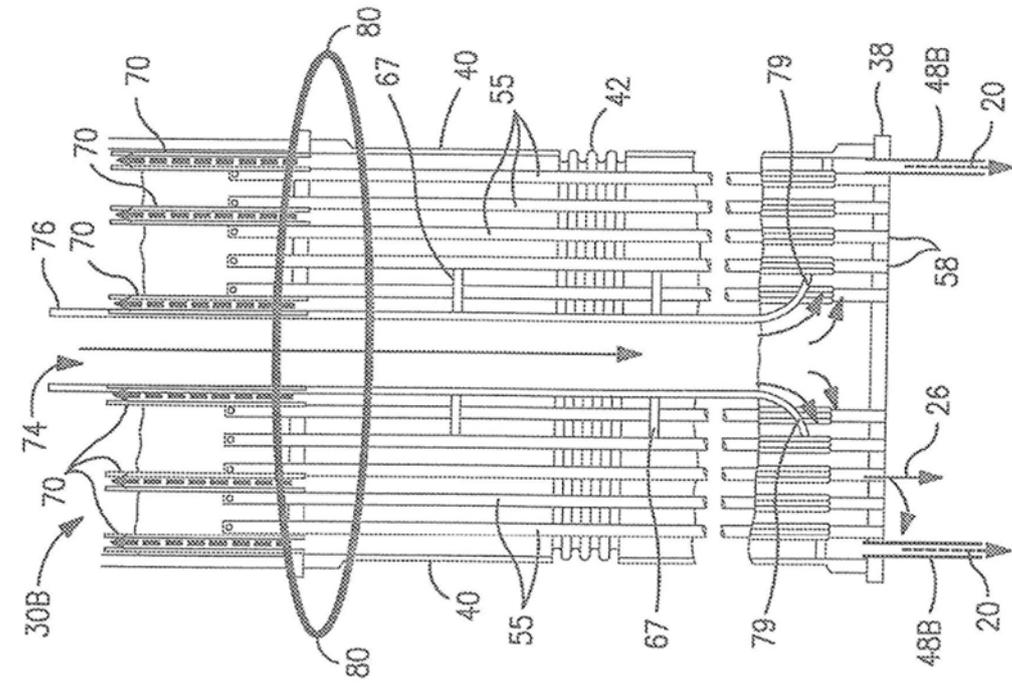


FIG. 7

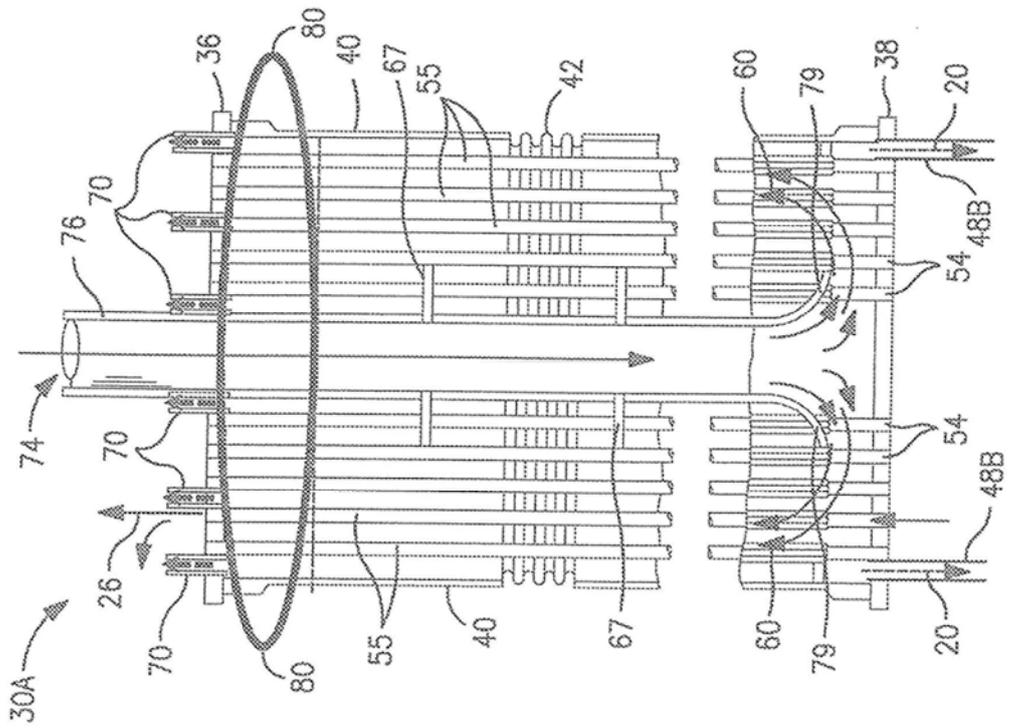


FIG. 8

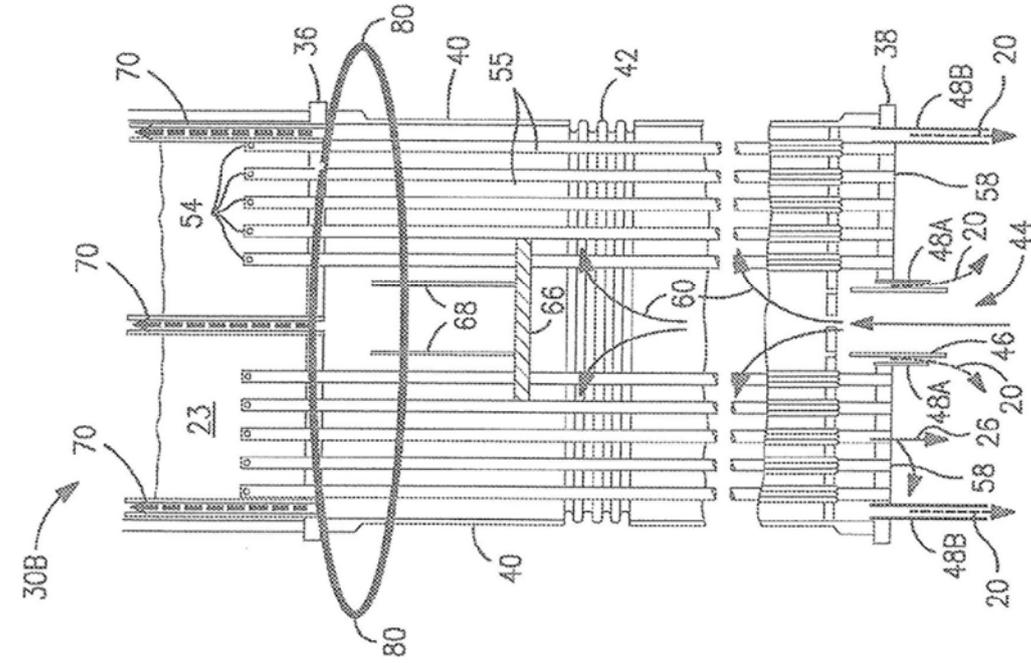


FIG. 9

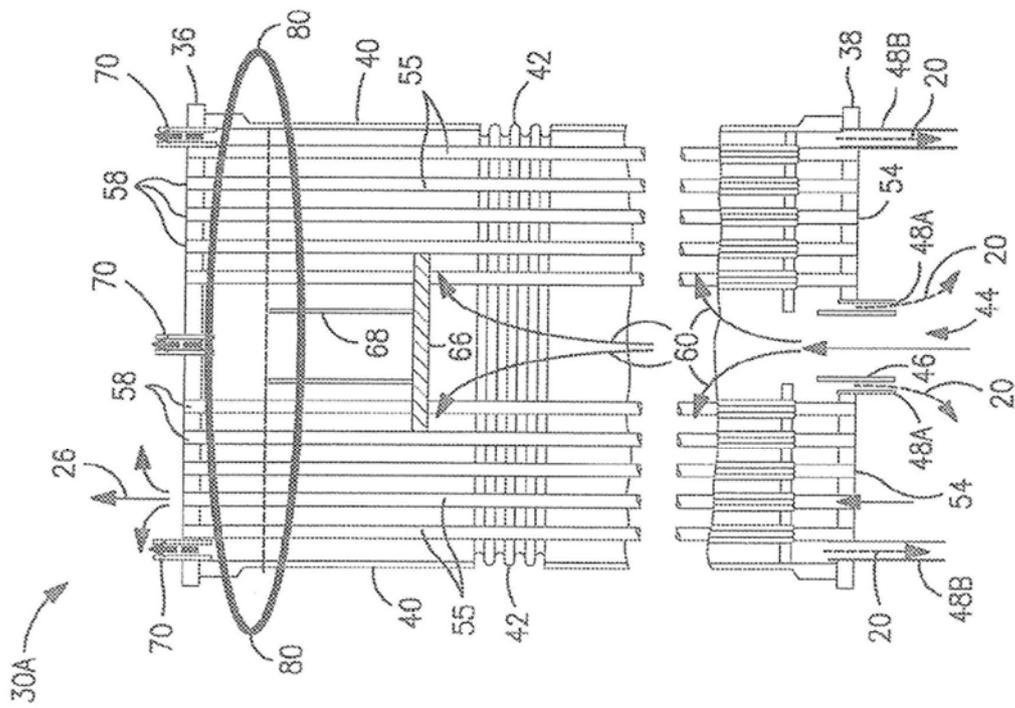


FIG. 10

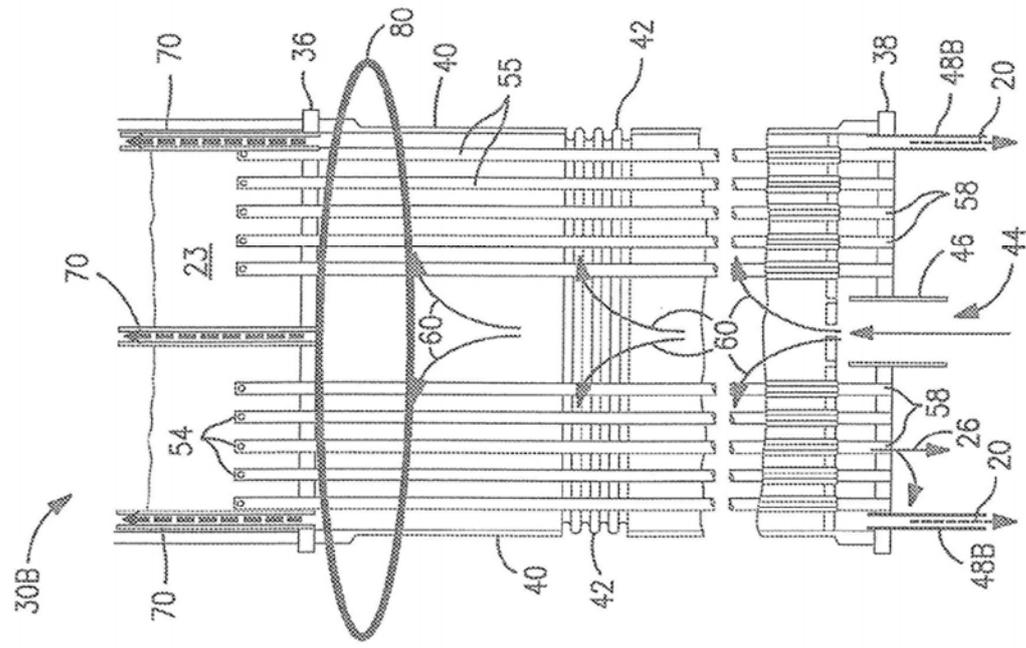


FIG. 13

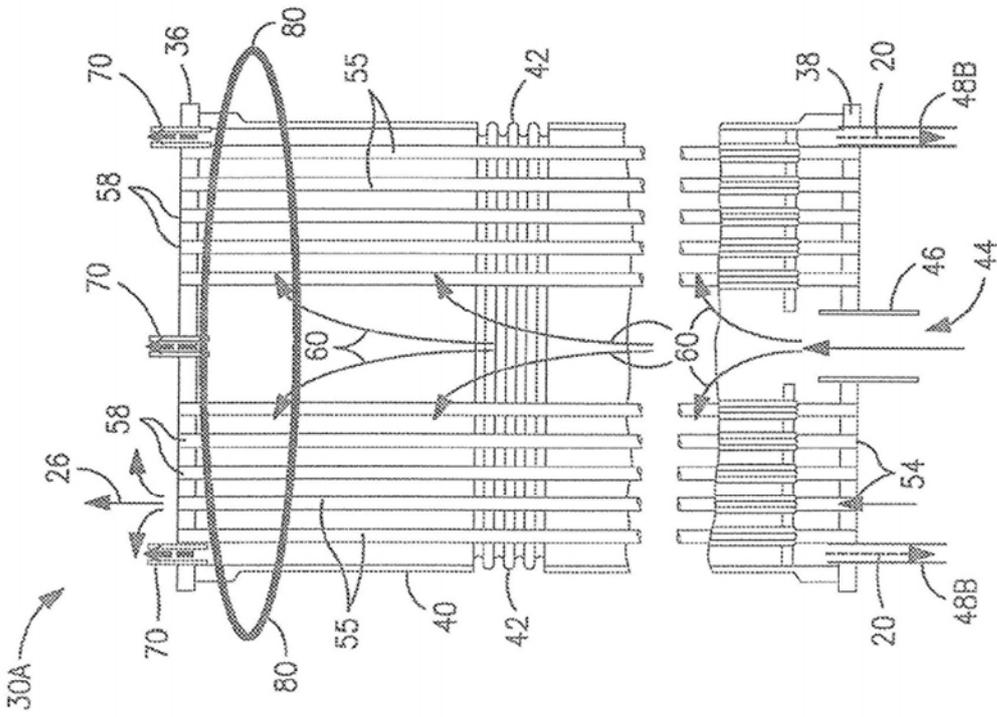


FIG. 14