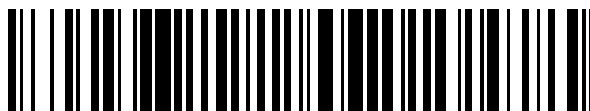


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 809**

51 Int. Cl.:

F28B 1/06 (2006.01)

F25B 39/04 (2006.01)

F28D 1/053 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.02.2014 PCT/US2014/018006**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.09.2014 WO14149389**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.02.2014 E 14709117 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2018 EP 2972037**

54 Título: **Intercambiador de calor para refrigerador enfriado por aire**

30 Prioridad:

15.03.2013 US 201361788085 P

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

26.02.2019

73 Titular/es:

**CARRIER CORPORATION (100.0%)
1 Carrier Place
Farmington, CT 06034, US**

72 Inventor/es:

**JOARDAR, ARINDOM;
TARAS, MICHAEL F.;
WOLDESEMAYAT, MEL;
ESFORMES, JACK LEON;
POPLAWSKI, BRUCE J.;
SIENEL, TOBIAS H. y
MUNOZ, JULES RICARDO**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 701 809 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

Intercambiador de calor para refrigerador enfriado por aire

Esta invención se refiere generalmente a intercambiadores de calor y más particularmente, a un intercambiador de calor de múltiples haces de tubos para uso en un sistema de refrigerador enfriado por aire como se ha definido en el preámbulo de la reivindicación 1. Tales aparatos son conocidos, por ejemplo, a partir del documento WO2012/071196A2.

En un sistema de acondicionamiento de aire convencional, el condensador del circuito de refrigeración está ubicado en el exterior de un edificio. Típicamente, el condensador incluye un intercambiador de calor por condensación y un ventilador para hacer circular un medio de refrigeración (por ejemplo, aire) a través del intercambio de calor de condensación. El sistema de acondicionamiento de aire incluye además una unidad interior que tiene un evaporador para transferir energía calorífica desde el aire interior que ha de ser acondicionado al refrigerante que fluye a través del evaporador y un ventilador para hacer circular el aire interior en una relación de intercambio de calor con el evaporador.

Los condensadores enfriados por aire, incluyendo refrigeradores enfriados por aire y en azoteas, son a menudo usados para aplicaciones que requieren gran capacidad de enfriamiento y calentamiento. Ya que son necesarias superficies mayores del intercambiador de calor de condensador para la funcionalidad del sistema, el condensador incluye generalmente una pluralidad de unidades condensadoras. Se han ubicado múltiples ventiladores sobre la parte superior del alojamiento del condensador para cada unidad.

Históricamente, estos intercambiadores de calor en condensadores han sido intercambiadores de calor de tubos redondos y placa de aletas (RTPF). Sin embargo, todos los intercambiadores de calor de aleta de serpentín de tubo aplanado de aluminio están encontrando un uso cada vez más amplio en la industria, incluyendo la industria de calefacción, ventilación acondicionamiento de aire y refrigeración (HVACR), debido a su compacidad, rendimiento termo hidráulico, rigidez estructural, peso inferior y carga de refrigerante reducida, en comparación con los intercambiadores de calor de RTPF convencionales. Los tubos aplanados usados comúnmente en aplicaciones de HVACR tienen típicamente un interior subdividido en una pluralidad de canales de flujo paralelos. Tales tubos aplanados son denominados comúnmente en la técnica como tubos de múltiples -canales, tubos de mini-canales, o tubos de micro-canales.

Un intercambiador de calor típico de aleta de serpentín de tubo aplanado incluye un primer colector, un segundo colector, y un solo haz de tubos formado de una pluralidad de tubos de intercambio de calor aplanados que se extienden longitudinalmente dispuestos en relación paralela espaciada y que se extienden entre el primer distribuidor y el segundo distribuidor. El conjunto de primer distribuidor, segundo distribuidor y haz de tubos es denominado comúnmente en la técnica del intercambiador de calor como una placa. Adicionalmente, una pluralidad de aletas están dispuestas entre los pares vecinos de los tubos de intercambio de calor para aumentar la transferencia de calor entre un fluido, comúnmente aire en aplicaciones de HVACR, que fluye sobre las superficies exteriores de los tubos aplanados y a lo largo de las superficies de aleta y un fluido, comúnmente refrigerante en aplicaciones de HVACR, que fluye dentro de los tubos aplanados. Tales intercambiadores de calor de un solo haz de tubos, conocidos también como intercambiadores de calor de una sola placa, tienen una configuración pura de flujo cruzado.

Los intercambiadores de aleta de serpentín y de doble haz de tubo aplanado son conocidos también en la técnica. Los intercambiadores de calor de aleta de enrollamiento y de doble haz de tubo aplanado están formados típicamente de dos placas de aleta y tubo convencionales, una posicionada detrás de la otra, con comunicación fluida entre los distribuidores logrados a través de tuberías externas. Sin embargo, para conectar las dos placas en comunicación hidráulica de flujo de otra manera distinta a una disposición de flujo cruzado paralelo requiere tuberías externas complejas y en alineación precisa de la placa de intercambiador de calor. Por ejemplo, la Patente de los EE.UU. 6.964.296 B2 y la Publicación de Solicitud de Patente de los EE.UU. 2009/0025914 A1 describe en realizaciones de intercambiador de calor de doble haz de tubo aplanado de multi-canal.

Según la invención, se ha proporcionado un sistema de refrigerador enfriado por aire según la reivindicación 1.

Para una mayor comprensión de la exposición, se hará referencia a la siguiente descripción detallada que ha de ser leída en conexión con los dibujos adjuntos, en donde:

La fig. 1 representa un ciclo de compresión de vapor de un sistema de acondicionamiento de aire en una realización ejemplar;

La fig. 2 representa un intercambiador de calor con aletas de tubo aplanado, de múltiples haces de tubos en una realización ejemplar;

La fig. 3 es una vista en alzado lateral, parcialmente en sección, que ilustra una aleta y un grupo de conjuntos de segmento de tubo aplanado integral del intercambiador de calor de la fig. 2;

La fig. 4 representa intercambiadores de calor de la fig. 2 montados en una orientación en V;

La fig. 5 representa segmentos de tubo aplanado y una banda en una realización ejemplar;

La fig. 6 es una vista en perspectiva de un condensador en una realización ejemplar; y

La fig. 7 es una vista frontal, parcialmente en sección, de un módulo de condensador en una realización ejemplar.

5 Con referencia ahora a la fig. 1, se ha ilustrado esquemáticamente un ciclo 500 de compresión o refrigeración de vapor de un sistema de acondicionamiento de aire. Los sistemas de acondicionamiento de aire ejemplares incluyen sistemas de split, empaquetado, refrigerador y en azotea, por ejemplo. Un refrigerante R está configurado para circular a través del ciclo 500 de compresión de vapor de tal manera que el refrigerante R absorbe calor cuando se ha evaporado a una temperatura y presión inferiores y libera calor cuando se condensa a una temperatura y presión más elevadas. Dentro de este ciclo 500, el refrigerante R fluye en sentido anti horario como se ha indicado por las flechas. El compresor 512 recibe vapor de refrigerante desde el evaporador 518 y lo comprime a una temperatura y presión más elevadas, con el vapor relativamente caliente pasando a continuación al condensador 514 donde es enfriado y condensado a un estado líquido por una relación de intercambio de calor con un medio de refrigeración tal como aire o agua. El refrigerante R líquido pasa a continuación desde el condensador 514 a un dispositivo 516 de expansión, donde el refrigerante R se expande a un estado líquido/vapor de dos fases de baja temperatura cuando pasa al evaporador 518. El vapor de baja presión vuelve a continuación al compresor 512 donde se repite el ciclo. Se ha de comprender que el ciclo 500 de refrigeración representado en la fig. 1 es una representación simplista de un sistema HVAC&R, y muchas mejoras y características conocidas en la técnica se pueden incluir en el esquema. Además, el ciclo 500 de refrigeración puede operar en la región súper crítica, donde el estado refrigerante de alta presión está por encima del punto crítico y está representado por un medio de una sola fase.

20 La fig. 2 es una vista en perspectiva de un intercambiador de calor con aletas de múltiples haces de tubos aplanados, generalmente designado por 10, en una realización ejemplar. Como se ha representado en ella, el intercambiador de calor 10 con aletas de múltiples haces de tubos aplanados incluye un primer haz 100 de tubos y un segundo haz 200 de tubos que está dispuesto detrás del primer haz 100 de tubos, que está aguas abajo con respecto al flujo de aire, A, a través del intercambiador de calor 10. El primer haz 100 de tubos puede ser denominado también en este documento como la placa 100 frontal de intercambiador de calor y el segundo haz de tubos 200 puede ser denominado también en este documento como la placa 200 posterior de intercambiador de calor.

El primer haz 100 de tubos incluye un primer distribuidor 102, un segundo distribuidor 104, separado del primer distribuidor 102, y una pluralidad de segmentos 106 de tubos de intercambio de calor, que incluyen al menos un primer y segundo segmento de tubo, que se extienden longitudinalmente en relación paralela espaciada entre el primer distribuidor 102 y el segundo distribuidor 104 en comunicación fluida y que conectan entre ellos. El segundo haz 200 de tubos incluye un primer distribuidor 202, un segundo distribuidor 204 separado del primer distribuidor 202, y una pluralidad de segmentos 206 de tubos de intercambio de calor, que incluyen al menos un primer y segundo segmento de tubo, que se extienden longitudinalmente en relación paralela espaciada entre que conectan el primer distribuidor 202 y el segundo distribuidor 204 en comunicación fluida. Cada conjunto de distribuidores 102, 202 y 104, 204 dispuestos a cualquier lado del intercambiador de calor 10 de haz dual puede comprender distribuidores emparejados separados, puede comprender cámaras separadas dentro de un conjunto de distribuidores plegado de una pieza integral o puede comprender cámaras separadas dentro de un conjunto de distribuidores fabricado integral (por ejemplo extruido, ha traído, enrollado y soldado). Cada haz 100, 200 de tubos puede incluir además tubos de protección o "ficticios" (no mostrados) que se extienden entre su primer y segundo distribuidores en la parte superior del haz de tubo y en la parte inferior del haz de tubo. Estos tubos "ficticios" no transportan flujo refrigerante, sino que añaden soporte estructural al haz de tubo y protegen las aletas más alta y más baja.

45 Con referencia ahora a la fig. 3, cada uno de los segmentos 106, 206 de tubo de intercambio de calor comprende un tubo aplanado de intercambio de calor que tiene un borde 108, 208 delantero, un borde 110, 210 trasero, una superficie 112, 212 superior, y una superficie 114 214 inferior. El borde 108, 208 delantero de cada segmento 106, 206 de tubo de intercambio de calor está aguas arriba de su borde 110, 210 trasero respectivo con respecto al flujo de aire a través del intercambiador 10 de calor. En la realización representada en la fig. 3, las partes delantera y trasera respectivas de los segmentos 106, 206 de tubo aplanado son redondeadas proporcionando por tanto bordes 108, 208 delanteros y bordes 110, 210 traseros romos. Sin embargo, ha de comprenderse que las partes delanteras y traseras respectivas de los segmentos 106, 206 de tubo aplanado pueden estar formadas en otras configuraciones.

50 El paso de flujo interior de cada uno de los segmentos 106, 206 de tubo de intercambio de calor del primer y segundo haces 100, 200 de tubos, respectivamente, pueden estar divididos por paredes interiores a una pluralidad de canales 120, 220 de flujo discreto que se extienden longitudinalmente la longitud del tubo desde la extremidad de entrada del tubo a una extremidad de salida del tubo y establece una comunicación fluida entre los encabezados respectivos del primer y segundo haces 100, 200 de tubos. En la realización de los segmentos 106, 206 de tubo de intercambio de calor de múltiples canales representada en la fig. 3, los segmentos 206 de tubo de intercambio de calor del segundo haz 200 de tubos tiene una anchura mayor que la de los segmentos 106 de tubo de intercambio de calor del primer haz 100 de tubos. También, los pasos de flujo interior de los segmentos 206 de tubo de intercambio de calor más amplios pueden ser divididos a un número mayor de canales 220 de flujo discreto que el número de canales 120 de flujo discreto en los que se dividen los pasos de flujo interior de los segmentos 106 de tubo de intercambio de calor. Los canales 120, 220 de flujo pueden tener una sección transversal circular, una sección transversal rectangular u otra sección transversal no

circular.

El segundo haz 200 de tubos, es decir la placa de intercambiador de calor posterior, está dispuesta detrás del primer haz 100 de tubos, es decir la placa de intercambiador de calor frontal, con respecto a la dirección de flujo de aire, con cada segmento 106 de tubo de intercambio de calor directamente alineado con un segmento 206 de tubo de intercambio de calor respectivo y con los bordes 208 delanteros de los segmentos 206 de tubo de intercambio de calor del segundo haz 200 de tubos separado de los bordes 110 traseros de los segmentos de tubo de intercambio de calor del primer haz 100 de tubos mediante una separación G deseada. Un separador o una pluralidad de separadores dispuestos a intervalos longitudinalmente separados pueden estar previstos entre los bordes 110 traseros de los segmentos 106 de tubo de intercambio de calor y los bordes 208 delanteros de los segmentos 206 de tubo de intercambio de calor para mantener la separación G deseada, durante la soldadura fuerte del intercambiador 10 de calor pre-ensamblado en un horno de soldadura fuerte.

En la realización representada en la fig. 3, una banda 40 agrandada o una pluralidad de miembros 40 de banda separados abarcan el hueco G de separación deseada, a lo largo de al menos una parte de la longitud de cada conjunto alineado de segmentos 106, 206 de tubo de intercambio de calor. Para una descripción adicional de un intercambiador de calor con aletas de haz dual de tubos aplanados en donde los tubos 106 de intercambio de calor del primer haz 100 de tubos y los tubos 206 de intercambio de calor del segundo haz 200 de tubos están conectados mediante una banda agrandada o una pluralidad de miembros de banda, se hace referencia a la solicitud provisional de los EE.UU. número de serie 61/593. 979, presentada el 2 febrero 2012, toda la exposición de la cual es incorporada por la presente en este documento mediante referencia.

Con referencia aún a las figs. 2 y 3, el intercambiador de calor 10 con aletas de tubo aplanado descrito en este documento incluye además una pluralidad de aletas 320 plegadas. Cada aleta 320 plegada está formada de una sola tira continua de material de aleta firmemente plegada de una manera de serpentín con forma de cinta proporcionando por tanto una pluralidad de aletas 322 estrechamente separadas que se extiende generalmente ortogonales a los tubos 106, 206 aplanados de intercambio de calor. Típicamente, la densidad de aletas de las aletas 322 estrechamente separadas de cada aleta 320 plegada continua puede ser aproximadamente de 16 a 25 aletas por pulgada (2,54 cm), pero se pueden usar también densidades de aleta superiores e inferiores. El intercambio de calor entre el flujo refrigerante, R, y el flujo de aire, A, ocurre a través de las superficies 112, 114 y 212, 214 exteriores, respectivamente, de los segmentos 106, 206 de tubo de intercambio de calor, que forman colectivamente la superficie de intercambio de calor primaria, y también a través de la superficie de intercambio de calor de las aletas 322 de la aleta 320 plegada, que forma la superficie de intercambio de calor secundaria.

En la realización representada, la profundidad de la aleta 320 plegada con forma de cinta se extiende al menos desde el borde 108 delantero del primer haz 100 de tubos al borde 210 trasero del segundo haz 200 de tubos, y puede sobresalir por encima del borde 108 delantero del primer haz 100 de tubos y/o del borde 208 trasero del segundo haz 200 de tubos como se desea. Así, cuando una aleta 320 plegada es instalada entre un grupo de conjuntos 240 de tubos aplanados de intercambio de calor, de múltiples tubos adyacentes en la agrupación de conjuntos de tubos del intercambiador 10 de calor ensamblado, una primera sección 324 de cada aleta 322 está dispuesta dentro del primer haz 100 de tubos, una segunda sección 326 de cada aleta 322 abarca la separación G entre el borde 110 trasero del primer haz 100 de tubos y el borde 208 delanteros del segundo haz 200 de tubos, y una tercera sección 328 de cada aleta 322 está dispuesta dentro del segundo haz 200 de tubos. En una realización, cada aleta 322 de la aleta 320 plegada puede estar prevista con lamas 330, 332 formadas en la primera y tercera secciones, respectivamente, de cada aleta 322.

El intercambiador de calor 10 de múltiples haces de tubos aplanados, descrito en este documento es representado en una disposición a contracorriente cruzada en donde el refrigerante (etiquetado como "R") desde un circuito de refrigerante de un sistema de compresión de vapor de refrigerante (tal como el de la fig. 1) pasa a través de los distribuidores y segmentos de tubo de intercambio de calor de los haces 100, 200 de tubos, de una manera que ha de ser descrita en más detalle posteriormente, en relación de intercambio de calor con un medio de refrigeración, más comúnmente aire ambiente, que fluye a través del lado del aire del intercambiador de calor 10 en la dirección indicada por la flecha etiquetada como "A" que pasa sobre las superficies exteriores de los segmentos 106, 206 de tubo de intercambio de calor y las superficies de las tiras 320 de aleta plegada. El flujo de aire pasa en primer lugar transversalmente sobre las superficies 112, 114 horizontales superior e inferior de los segmentos 106 de tubo de intercambio de calor del primer haz de tubo, y a continuación pasa transversalmente sobre las superficies 212, 214 horizontales superior e inferior de los segmentos 206 de tubo de intercambio de calor del segundo haz 200 de tubos. El refrigerante pasa en una disposición a contracorriente cruzada al flujo de aire, en la que el flujo de refrigerante pasa en primer lugar a través del segundo haz 200 de tubos y a continuación a través del primer haz 100 de tubos. El intercambiador de calor 10 con aletas de múltiples haces de tubos, de tubo aplanado, que tiene una disposición de circuito a contracorriente cruzada produce un rendimiento de intercambio de calor superior, comparado con las disposiciones de circuito de flujo a contracorriente o cruzado-paralelo, así como que permite la flexibilidad para gestionar la caída de presión del lado de refrigerante mediante la implementación de tubos de varias anchuras dentro del primer haz 100 de tubos y del segundo haz 200 de tubos.

En la realización representada en las figs. 2 y 3, el segundo haz 200 de tubos, es decir la placa de intercambiador de calor posterior con respecto al flujo de aire, tiene una primera configuración de circuito 401 de refrigerante de un sólo paso y el primer haz 100 de tubos, es decir la placa de intercambiador de calor frontal con respecto al flujo de aire, tiene

una configuración de dos pasos con pasos 402 y 403. Los pasos de flujo de refrigerante desde un circuito de refrigerante al primer distribuidor 202 del segundo haz 200 de tubos a través al menos de una entrada de refrigerante, pasa a través de los segmentos 206 de tubo de intercambio de calor al segundo distribuidor 204 del segundo haz 200 de tubos, a continuación pasa al segundo distribuidor 104 del primer haz 100 de tubos, de ahí a través de un grupo inferior de segmentos 106 de intercambio de calor al primer distribuidor 102 del primer haz 100 de tubos, de ahí de nuevo al segundo distribuidor 104 a través de un grupo superior de los tubos 106 de intercambio de calor, y de ahí pasa de nuevo al circuito de refrigerante a través de al menos una salida 122 de refrigerante. Un separador 105 divide el segundo distribuidor 104 del primer haz 100 de tubos en dos cámaras.

En la realización representada en las figs. 2 y 3, los segundos distribuidores 104 y 204 vecinos están conectados en comunicación hidráulica de flujo de tal manera que el refrigerante puede fluir desde el interior del segundo distribuidor 204 del segundo haz 200 de tubos al interior del segundo distribuidor 104 del primer haz 100 de tubos. En la realización representada en la fig. 3, el primer haz 100 de tubos y el segundo haz 200 de tubos pueden estar soldados juntos para formar una unidad integral con una sola aleta 326 que abarca ambos haces de tubos que facilitan el manejo y la instalación del intercambiador de calor 10. Sin embargo, el primer haz 100 de tubos y el segundo haz 200 de tubos pueden ser ensamblados como placas separadas y a continuación soldados juntos como un intercambiador de calor compuesto. La realización de la fig. 3 representa segmentos 106 de tubo de intercambio de calor alineados con segmentos 206 de tubo de intercambio de calor. Se ha comprendido que en otras realizaciones, los segmentos 106 de tubo de intercambio de calor pueden estar desplazados o escalonados con respecto a los segmentos 206 de tubo de intercambio de calor.

El intercambiador de calor 10 con aletas de múltiples haces de tubos aplanados proporciona un circuito de refrigerante mejorado cuando se usa, por ejemplo, en un refrigerador. La fig. 4 representa dos intercambiadores de calor 10 y 10' con aletas de múltiples haces de tubos aplanados dispuestos en una configuración en V, típica de condensador en azotea. Un ventilador 11 extrae aire a través de los intercambiadores de calor 10 y 10'. Los refrigeradores enfriados por aire típicos emplean intercambiadores de calor de una sola placa. Los intercambiadores de calor de una sola placa convencionales emplean un circuito a contracorriente puro con aire que fluye en un plano vertical y generalmente perpendicular al flujo de refrigerante. El intercambiador de calor 10 con aletas de múltiples haces de tubos aplanados emplea un circuito de refrigerante a contracorriente cruzado en donde el aire está fluyendo en dirección generalmente opuesta al refrigerante. El circuito a contracorriente cruzado es termodinámicamente más eficiente para la transferencia de calor debido a un potencial de accionamiento más alto total que podría alcanzarse. Los intercambiadores de calor convencionales ampliamente en uso hoy en día son simétricos en términos de caras de entrada o salida de aire, que es un resultado del circuito de refrigerante a contracorriente puro. Los intercambiadores de calor 10 y 10' de múltiples haces de tubos aplanados, cuando son instalados en un módulo en V, tienen una distinción de diseño de mano izquierda y derecha, que es una consecuencia de la disposición a contracorriente cruzada. Por lo tanto los dos intercambiadores de calor 10 y 10' con aletas de múltiples haces de tubos aplanados cuando se han instalado en un módulo en V son imágenes espejo uno del otro como se ha mostrado en la fig. 4.

Los intercambiadores de calor de una sola placa convencionales están limitados típicamente a dos pasos a contracorriente de refrigerante a través de la longitud del flujo entre los dos encabezados del intercambiador de calor, típicamente debido a la limitación de caída de presión. El intercambiador de calor 10 con aletas de múltiples haces de tubos aplanados proporciona tres pasos de refrigerante mostrados en la fig. 2 como un primer paso 401, un segundo paso 402 y un tercer paso 403. El primer paso 401 ocupa el segundo haz 200 de tubos, que corresponde aproximadamente con el 50% del total del área de intercambio de calor del intercambiador de calor 10. El primer paso 401 de refrigerante está dedicado para la atemperación y condensación inicial. En aplicaciones de refrigerador enfriado por aire, la calidad de refrigerante en el distribuidor 204 debería permanecer relativamente elevada, aproximadamente 0,6-0,8. Esto permite una distribución de refrigerante uniforme, ya que la composición de refrigerante tiene predominantemente vapor de una sola fase que fluye al segundo paso 402. El segundo paso 402 ocupa no más de aproximadamente el 40 por ciento y no menos de aproximadamente el 30% del total del área de intercambio de calor del intercambiador de calor 10. Después del segundo paso 402, la calidad del refrigerante debería ser muy baja y no más de aproximadamente 0,2-0,4, permitiendo una vez más una distribución de refrigerante uniforme, ya que la composición de refrigerante contiene predominantemente líquido de una sola fase que fluye al tercer paso 403. El tercer paso 403 debería ser aproximadamente del 10% a aproximadamente el 20% del total del área de intercambio de calor del intercambiador de calor 10. El tercer paso 403 proporciona un circuito de sub-enfriamiento. La ubicación del circuito de sub-enfriamiento está posicionada preferiblemente en la región más elevada del flujo de aire, típicamente más cerca del ventilador 11. Por el contrario, si se imponen otras limitaciones sobre el intercambiador de calor, tal requisito de refrigerante de auto-drenaje para la así llamada característica de "libre enfriamiento" en las aplicaciones de refrigerador enfriado por aire, el circuito de sub-enfriamiento puede ser posicionado en la parte inferior del intercambiador de calor 10.

La fatiga mecánica térmica es un fenómeno conocido en aplicaciones de refrigerador enfriado por aire. La fig. 5 representa una realización para reducir o eliminar la posibilidad de fatiga mecánica térmica. Se ha mostrado en la fig. 5 una parte del segmento 106 de tubo de intercambiador de calor, una parte del segmento 206 de tubo de intercambiador de calor, y bandas 40 que unen los segmentos 106 y 206 de tubo de intercambiador de calor. Las aletas 320 plegadas no se han mostrado para facilitar la ilustración. La banda 40a más cercana a una extremidad distal de los segmentos 106 y 206 de tubo de intercambiador de calor tiene una muesca en la línea 41 de debilitamiento a la banda 40a debilitada. Una banda en la extremidad distal opuesta de los segmentos 106 y 206 de tubo puede tener también

muecas. La banda 40 debilitada proporciona un trayecto de menor resistencia para propagación de grietas debido a la diferente expansión térmica de los distintos componentes del intercambiador de calor 10. Por tanto, no se iniciará una grieta en las ubicaciones que son críticas para la funcionalidad del intercambiador de calor tales como la unión del tubo al distribuidor, que es un sitio típico de iniciación de grieta de fatiga mecánica térmica. La línea 41 de debilitamiento puede extenderse toda la anchura de la banda 40a o sólo una parte de la banda 40a.

Las realizaciones incluyen una relación dimensional entre los componentes del intercambiador de calor 10. En una realización ejemplar, el hueco G (fig. 3) es aproximadamente del 15% a aproximadamente el 25% del total de la profundidad de segmento de tubo, es decir, la distancia desde el borde 108 delantero del segmento 106 de tubo al borde 210 trasero del segmento 206 de tubo. Esta separación puede ser usada si el intercambiador de calor 10 usa tubos individuales o segmentos de tubo integrales unidos por la banda 40. Mientras que use tubos 106, 206 formados de manera integral, la banda 40 puede estar ranurada a lo largo de su longitud. En una realización ejemplar, las ranuras en la banda 40 son aproximadamente del 90% a aproximadamente el 95% del total de la longitud de segmento de tubo para proporcionar drenaje de agua mejorado y conducción cruzada mínima mientras que mantiene la integridad de fabricación. En otras palabras, las bandas 40 ocupan aproximadamente del 5% a aproximadamente el 10% del espacio en el hueco G a lo largo del total de la longitud de segmento de tubo. En una realización ejemplar, una anchura individual del segmento 106, 206 de tubo es aproximadamente del 30% a aproximadamente el 50% de la profundidad del núcleo de intercambiador de calor. En una realización ejemplar, el intervalo del diámetro exterior (DE) de distribuidor es aproximadamente de 1,4 a aproximadamente 2.2 veces la anchura del segmento de tubo (por ejemplo, desde el borde delantero al borde trasero) en aplicaciones de refrigerador enfriado por aire. En la realización ejemplar, la densidad de aletas de la aplicación de refrigerador enfriado por aire de aleta 320 plegada va desde aproximadamente 19 aproximadamente 22 aletas por pulgada (2,54 cm). En una realización ejemplar, el intervalo de altura de aleta a la relación de paso de segmento de tubo es aproximadamente de 0,45 aproximadamente 1,4. El paso de segmento de tubo está separado entre los segmentos de tubo aplanado en el primer haz de tubos, o separado entre segmentos de tubo aplanado del segundo haz de tubos. En unas aplicaciones de refrigerador enfriado por aire ejemplares, la anchura del segmento de tubo es aproximadamente de 10 mm a aproximadamente 16 mm, la altura del segmento de tubo es aproximadamente de 1,6 mm a aproximadamente 2,2 mm, el tamaño del puerto de segmento de tubo es aproximadamente de 0,8 mm a aproximadamente 1,2 mm, la altura de aleta es aproximadamente de 7,8 mm a aproximadamente 8,2 mm, el espesor de aleta es aproximadamente de 0,07 mm a aproximadamente 0,09 mm, el número de lamas es aproximadamente de 9 a 11 por haz (mientras que típicamente tiene 2 haces por tubo), la altura de lama va desde aproximadamente el 80% a aproximadamente el 95% de la altura de aleta, el diámetro del distribuidor es aproximadamente de 18 mm a 22 mm, el hueco entre los encabezados de entrada es aproximadamente de 2 mm a aproximadamente 3 mm, el desplazamiento de las ranuras de distribuidor es aproximadamente de 2 mm a aproximadamente 3 mm, y el número de placas va aproximadamente de 2 a aproximadamente 4.

Las realizaciones incluyen un encaminamiento mejorado de refrigerante hacia y desde el intercambiador de calor 10. La práctica actual del uso de intercambiadores de calor convencionales en refrigeradores enfriados por aire ha de tener la tubería de entrada y salida en el mismo lado sobre el mismo distribuidor. El refrigerante entrante caliente es separado del refrigerante saliente frío mediante una placa separadora a través de la cual hay un gran gradiente térmico. Esto es perjudicial desde una perspectiva de fatiga mecánica térmica y un punto de vista de rendimiento térmico (conducción cruzada). En las realizaciones de la invención, las tuberías de conexión de entrada y salida están posicionadas sobre diferentes distribuidores que resuelven los dos problemas descritos anteriormente. Por ejemplo, como se ha mostrado en la fig. 1, el distribuidor 202 de entrada está en una extremidad opuesta del intercambiador de calor 10 del distribuidor 104 de salida. En las realizaciones ejemplares, el intercambiador de calor 10 incluye tres tuberías de entrada comparadas con las dos de los intercambiadores de calor convencionales. Esto da como resultado una distribución de refrigerante más uniforme, una penalización inferior de caída de presión y baja susceptibilidad a la fatiga mecánica térmica (debido a la expansión del distribuidor más uniforme). En las realizaciones ejemplares, las tuberías de entrada de refrigerante son separadas y posicionadas adecuadamente sobre la placa posterior hacia el interior del módulo en 'V'. Las tuberías 12 de entrada ejemplares para el intercambiador de calor 10 se han representado en la fig. 4. La tubería de salida del intercambiador de calor está posicionada típicamente sobre la placa frontal hacia el exterior del módulo en 'V'. Se ha representado en la fig. 4 la tubería 13 de salida ejemplar para intercambiador de calor 10. Esta disposición permite una mejor optimización de la longitud de tubería de refrigerante con respecto a los componentes adyacentes tales como compresores y refrigeradores. Un bastidor 15 puede ser usado para proteger el intercambiador de calor 10 del daño producido por la manipulación y corrosión galvánica así como para facilitar la instalación. El bastidor 15 puede ser un canal en forma de C que rodea los bordes exteriores del intercambiador de calor 10. El bastidor puede incluir pasa-cables de goma y almohadillas de instalación posicionados entre el bastidor 15 y el intercambiador de calor 10 para acomodar el núcleo del intercambiador de calor 10 y la configuración de distribuidor dual.

Además del módulo en V de la fig. 4, el intercambiador de calor 10 puede ser empleado en una configuración de condensador modular. Con referencia ahora a las figs. 6 y 7, se ha ilustrado en más detalle un condensador 514 enfriado por aire, tal como el usado en el ciclo 500 de compresión de vapor de la fig. 1. Como se ha mostrado en la fig. 6, el condensador 514 incluye uno o más módulos 22 de condensador idénticos posicionados dentro de un soporte 20, tal como el del tipo de soporte 20 normalmente encontrado en azoteas de edificios por ejemplo. Cualquier número de módulos 22 de condensador puede ser instalado dentro el soporte 20 para formar un condensador 514 configurado para cumplir los requisitos de capacidad y enfriamiento para una aplicación dada. Con referencia ahora al módulo 22 de

condensador ejemplar ilustrado en la fig. 7, el módulo 22 de condensador incluye un alojamiento o gabinete 24 configurado para ser recibido dentro del soporte 20. Los costados 26, 28 laterales opuestos del alojamiento 24 definen cada uno una entrada para el aire que fluye al módulo 22. De manera similar, una primera extremidad 30 del alojamiento 24, conectado a ambos costados 26, 28 laterales opuestos, define una abertura de salida para sacar aire del módulo 22 de condensador. En una realización, los módulos 22 de condensador están posicionados dentro del soporte 20 de tal manera que al menos uno de entre una superficie frontal y una superficie posterior opuestas del alojamiento 24 está dispuesta adyacente o bien a una superficie frontal o bien a una superficie posterior del alojamiento 24 de otro módulo 22 de condensador (véase fig. 6).

Ubicado dentro del alojamiento 24 del módulo 22 de condensador hay un conjunto 32 de intercambiador de calor dispuesto generalmente de forma longitudinal entre los costados 26, 28 laterales. La sección transversal del conjunto 32 de intercambiador de calor es generalmente constante sobre una superficie del módulo 22 de condensador, tal como entre la superficie frontal y la superficie posterior. El conjunto 32 de intercambiador de calor incluye al menos un intercambiador de calor 10, tal como el que se ha mostrado en la fig. 2. Una pluralidad de intercambiadores de calor 10, 10' del conjunto 32 de intercambiador de calor puede estar dispuesta generalmente de forma simétrica alrededor de un centro del módulo 22 de condensador entre los costados 26, 28 laterales opuestos, como se ilustrado esquemáticamente por la línea C. En la realización ilustrada, no limitativa, el conjunto 32 de intercambiador de calor incluye un primer intercambiador de calor 10 montado al primer costado 26 lateral del alojamiento 24 y un segundo intercambiador de calor 10' sustancialmente idéntico montado al segundo costado 28 lateral del alojamiento 24. La pluralidad de intercambiadores de calor 10, 10' puede estar dispuesta dentro del alojamiento 24 de tal manera que el conjunto 32 de intercambiador de calor tiene una configuración generalmente en forma de V, como sea mostrado en la fig. 4. Configuraciones alternativas del conjunto 32 que intercambiador de calor, tal como la configuración generalmente en forma de U ilustrada en la fig. 6 por ejemplo, están también dentro del alcance de la invención. En otras realizaciones, los intercambiadores de calor 10, 10' están dispuestos en configuración en forma de V, pero girados con relación a la orientación mostrada en la fig. 7. Es decir, un eje correspondiente con un vértice de la forma en V puede ser paralelo a un eje longitudinal del alojamiento 24. Alternativamente, los intercambiadores de calor 10, 10' pueden estar posicionados de manera que el eje correspondiente con un vértice de la forma de en V es perpendicular al eje longitudinal del alojamiento 24.

El flujo de aire de los intercambios de calor de micro-canal de múltiples placas en aplicaciones de refrigerador enfriado por aire se requiere que esté entre aproximadamente 300 pies (91,44 m) por minuto y aproximadamente 700 pies (213,36 m) por minuto, para un rendimiento óptimo. Más precisamente, el flujo de aire debería estar en el intervalo entre aproximadamente 400 pies (121,92 m) por minuto y aproximadamente 500 pies (152,4 m) por minuto. La tasa de flujo de refrigerante por intercambiador de calor de micro-canal de múltiples placas en un módulo en V típico para aplicaciones enfriadas por aire debería estar entre aproximadamente 1133,98 kg (2500 libras) por hora a aproximadamente 2041,16 kg (4500 libras) por hora. Además, el diseño inventivo de intercambiador de calor es óptimo para los refrigerantes de alta presión tal como R410A y los refrigerantes de baja presión tal como R134a y puede ser usado con ellos.

El módulo 22 de condensador incluye adicionalmente un conjunto 40 de ventilador configurado para circular el aire a través del alojamiento 24 y del conjunto 32 de intercambiador de calor. Dependiendo de las características del módulo 22 de condensador, el conjunto 40 de ventilador puede estar posicionado o bien aguas abajo con respecto al conjunto 32 de intercambiador de calor (es decir "configuración extraíble") como se ha mostrado en la fig. 7, o bien aguas arriba con respecto al conjunto 32 de intercambiador de calor (es decir "configuración de soplado").

En una realización, el conjunto 40 de ventilador está montado en la primera extremidad 30 del alojamiento 24 en una configuración extraíble. El conjunto 40 de ventilador incluye generalmente una pluralidad de ventiladores 42 de tal manera que el número de ventiladores 42 configurados para extraer aire a través de cada uno de los intercambiadores de calor 10 respectivos es idéntico. En una realización, la pluralidad de ventiladores 42 en el conjunto 40 de ventilador es sustancialmente igual a la pluralidad de intercambiadores de calor 10 en el conjunto 32 de intercambiador de calor. Además, al menos un ventilador 42 configurado para extraer aire a través de un solo intercambiador de calor 10 está alineado generalmente de forma vertical con el intercambiador de calor 10 respectivo de tal manera que la pluralidad de ventiladores 42 en el conjunto 40 de ventilador es sustancialmente simétrica alrededor de la línea central C. Por ejemplo, en las realizaciones donde el conjunto 32 de intercambiador de calor incluye un primer intercambiador de calor 10 y una segunda bobina de intercambiador de calor 10', al menos un primer ventilador 42' está alineado generalmente con el primer intercambio de calor 10 y al menos un segundo ventilador 42" está alineado generalmente con el segundo intercambiador de calor 10'.

En una realización, un divisor (no mostrado) tal como el formado a partir de una pieza de hoja de metal por ejemplo, se extiende hacia dentro desde la primera extremidad del alojamiento 24 a lo largo de la línea central C. El divisor puede ser usado para separar el módulo 22 de condensador que incluye el intercambiador de calor 10 y el conjunto 40 de ventilador a una pluralidad de partes modulares generalmente idénticas, tales como una primera parte 46 y una segunda parte por 48 por ejemplo. Tal configuración puede permitir también una operación de carga parcial más eficiente.

La operación de al menos un ventilador puede 42 asociado con al menos un intercambiador de calor 10 bien en la primera o bien en la segunda parte 46, 48 modular del módulo 22 de condensador hace que el aire fluya a través de una entrada de aire adyacente y al alojamiento 24. Cuando el aire pasa a través del intercambiador de calor 10, el calor se

5 transfiere desde el refrigerante dentro del intercambiador de calor 10 al aire, haciendo que la temperatura del aire aumente y la temperatura del refrigerante disminuya. Si una entrada de aire a una de las partes con 46, 48 modulares del módulo 22 de condensador resulta parcial o completamente bloqueada, al menos un ventilador 42 de esa parte 46, 48 modular puede ser apagado para limitar el consumo de energía y mejorar la eficiencia del módulo 22 de condensador.

10 Mediante la disposición del conjunto 32 de intercambiador de calor generalmente de forma longitudinal entre los costados 26, 28 laterales opuestos del alojamiento 24, el número de giros en el trayecto de flujo de aire que entra en el alojamiento 24 es reducido a un sólo giro. Esta nueva orientación del conjunto 32 de intercambiador de calor permite también una mejor extracción que reduce la probabilidad de corrección y permite la condensación de evaporación. Además, la inclusión de partes 46, 48 generalmente modulares dentro de cada módulo 22 de condensador proporciona hasta una reducción significativa en las pérdidas del sistema en el módulo 22 así como en la potencia de ventilador requerida. Ya que la velocidad del aire a través del alojamiento 24 es más uniforme y el flujo de aire total es aumentado (debido a bajas pérdidas de flujo), se mejora la capacidad de transferencia de calor del módulo 22 de condensador.

15 Aunque la presente invención ha sido particularmente mostrada y descrita con referencia a las realizaciones ejemplares como se ha ilustrado en los dibujos, se reconocerá por los expertos en la técnica que se pueden hacer varias modificaciones sin desviarse del espíritu y alcance de la invención. Por tanto, se pretende que la presente exposición no estará limitada a la realización o realizaciones particulares descritas, sino que la exposición incluirá todas las realizaciones que caen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. En particular, los principios y relaciones similares pueden extenderse a las aplicaciones en azoteas y unidades compactas verticales.

20

REIVINDICACIONES

1.- Un sistema de refrigerador enfriado por aire que comprende:

un intercambiador de calor (10) que incluye:

5 un primer haz (100) de tubos que incluye al menos un primer y segundo segmentos (106) de tubo aplanado que se extienden longitudinalmente en relación paralela separada ;

un segundo haz (200) de tubos que incluye al menos un primer y segundos segmentos (206) de tubo aplanado que se extienden longitudinalmente en relación paralela separada, estando el segundo haz (200) de tubos dispuesto detrás del primer haz (100) de tubos con un borde (208) delantero del segundo haz (200) de tubos separado del borde (110) trasero del primer haz (100) de tubos;

10 un ventilador (11) que crea un flujo de aire a través del intercambiador de calor (10), fluyendo el flujo de aire a través del primer haz (100) de tubos antes de que fluya a través del segundo haz (200) de tubo, en donde el refrigerante fluye en el intercambiador de calor (10) en una dirección a contracorriente cruzada opuesta a la dirección del flujo de aire, estando caracterizado el sistema por que el intercambiador de calor comprende además;

15 una banda que une el primer segmento (106) de tubo aplanado del primer haz (100) de tubos al primer segmento (206) de tubo aplanado del segundo haz (200) de tubos, en donde la banda (40) tiene una muesca en una ubicación (41) de debilitamiento proporcionando por tanto un trayecto de menor resistencia para la propagación de grietas debido a la diferente expansión térmica de varios componentes del intercambiador de calor.

2.- El sistema de refrigerador enfriado por aire de la reivindicación 1 en donde:

20 el intercambiador de calor (10) tiene al menos tres pasos de refrigerante, en donde al menos hay previsto un paso de refrigerante en el segundo haz (200) de tubos y al menos hay previsto un paso de refrigerante en el primer haz (100) de tubos.

3.- El sistema de refrigerador enfriado por aire de la reivindicación 2 en donde:

25 Hay previsto un primer paso de refrigerante en el segundo haz (200) de tubos, hay previsto un segundo paso de refrigerante en el primer haz (100) de tubos y hay previsto un tercer paso de refrigerante del primer haz (100) de tubos en dónde preferiblemente:

el primer paso de refrigerante corresponde aproximadamente con el 50% del área de intercambio de calor del intercambiador de calor, y/o en donde:

el segundo paso de refrigerante corresponde aproximadamente con el 30% a aproximadamente el 40 % del área de intercambio de calor del intercambiador de calor, y/o en donde:

30 el tercer paso de refrigerante corresponde aproximadamente con el 10% a aproximadamente el 20% del área de intercambio de calor del intercambiador de calor, y/o en donde:

el tercer paso de refrigerante está ubicado más cerca del ventilador (11) del condensador.

4.- El sistema de refrigerador enfriado por aire de la reivindicación 1 que comprende además:

un segundo intercambiador de calor (10') que incluye:

35 un primer haz (100) de tubos que incluye al menos un primer y segundo segmentos (106) de tubos aplanados que se extienden longitudinalmente en relación paralela separada;

40 un segundo haz (200) de tubos que incluye al menos un primer y segundos segmentos (206) de tubo aplanado que se extienden longitudinalmente en relación paralela espaciada, estando el segundo haz (200) de tubos dispuesto detrás del primer haz (100) de tubos con un borde (208) delantero del segundo haz (200) de tubos separado de un borde (110) trasero del primer haz (100) de tubos;

5.- El sistema de refrigerador enfriado por aire de la reivindicación 4 en donde:

el intercambiador de calor (10) y el segundo intercambiador de calor (10') están posicionados en una configuración en V en un alojamiento (24) que tiene un eje longitudinal; en dónde preferiblemente:

45 un eje correspondiente con un vértice de la configuración en V está o bien en paralelo al eje longitudinal, o bien perpendicular al eje longitudinal.

6.- El sistema de refrigerador enfriado por aire de la reivindicación 4 en donde:

el intercambiador de calor (10) y el segundo intercambiador de calor (10') son posicionados en una configuración en U.

7.- El sistema de refrigerador enfriado por aire de la reivindicación 4 en donde:

el primer intercambiador de calor (10) y el segundo intercambiador de calor (10') son posicionados en un módulo (22) de condensador que incluye:

5 un alojamiento (24) que tiene un primer costado (26) lateral que define una primera entrada de aire y un segundo costado (28) lateral opuesto que define una segunda entrada de aire;

el primer intercambiador de calor (10) y el segundo intercambiador de calor (10') ubicados dentro del alojamiento (24);

un conjunto (40) de ventilador que incluye un primer ventilador (42) generalmente alineado con el primer intercambiador de calor (10) y un segundo ventilador (42') generalmente alineado con el segundo intercambiador de calor (10');

10 en donde el módulo (22) de condensador es sustancialmente simétrico alrededor de una línea central entre el primer costado (26) lateral y el segundo costado (28) lateral de tal manera que el módulo (22) de condensador puede estar formado a partir de una primera porción (46) modular y una segunda porción (28) modular sustancialmente idénticas.

8.- El sistema de refrigerador enfriado por aire de la reivindicación 1 en donde:

la banda (40) provista de una muesca está posicionada próxima a una extremidad distal del primer segmento (106) de tubo aplanado del primer haz (100) de tubos.

15 9.- El sistema de refrigerador enfriado por aire de la reivindicación 1 en donde:

20 el primer segmento (106) de tubo aplanado del primer haz (100) de tubos y el primer segmento (206) de tubo aplanado del segundo haz (200) de tubos están separados por un hueco, siendo la anchura del hueco aproximadamente del 15% a aproximadamente el 25% de la distancia desde un borde (108) delantero del primer segmento (106) de tubo aplanado del primer haz (100) de tubos al borde (210) trasero del primer segmento (206) de tubo aplanado del segundo haz (200) de tubos;

y/o el primer segmento (106) de tubo aplanado del primer haz (100) de tubos y el primer segmento (206) de tubo aplanado del segundo haz (200) de tubos están separados por un hueco y unidos por una pluralidad de bandas (40), ocupando las bandas (40) aproximadamente del 5% a aproximadamente el 10% del espacio en el hueco.

10.- El sistema de refrigerador enfriado por aire de la reivindicación 1 en donde:

25 una anchura de uno de entre el primer segmento (106) de tubo aplanado del primer haz (100) de tubos y el primer segmento (206) de tubo aplanado del segundo haz (200) de tubos es aproximadamente del 30% a aproximadamente 50% una profundidad de núcleo del intercambiador de calor (10).

11.- El sistema de refrigerador enfriado por aire de la reivindicación 1 que comprende además:

30 un distribuidor (12) conectado al primer segmento (106) de tubo aplanado del primer haz (100) de tubo, siendo el diámetro exterior del distribuidor (102) aproximadamente de 1,4 a aproximadamente 2,2 veces una anchura del primer segmento (106) de tubo aplanado del primer haz (100) de tubos.

12.- El sistema de refrigerador enfriado por aire de la reivindicación 1 que comprende además:

35 una aleta (320) plegada posicionada entre el primer segmento (106) de tubo aplanado del primer haz (100) de tubos y el segundo segmento (106) de tubo aplanado del segundo haz (100) de tubos; en donde una densidad de aletas de la aleta (320) plegada es aproximadamente de 19 aletas por pulgada (2,54 cm) a aproximadamente 22 aletas por pulgada (2,54 cm) y/o una relación de altura de aleta al paso de tubo del primer haz (100) de tubos es de aproximadamente 0,45 a aproximadamente 1,4.

13.- El sistema de refrigerador enfriado por aire de la reivindicación 1 que comprende además:

un distribuidor (202) de entrada acoplado al segundo haz (200) de tubos; y

40 al menos tres tuberías (12) de entrada de refrigerante para suministrar refrigerante al distribuidor (202) de entrada, y que comprende además preferiblemente;

un distribuidor (104) de salida acoplado al primer haz (100) de tubos;

45 el distribuidor (202) de entrada está posicionado en una primera extremidad del segundo haz (200) de tubos, el distribuidor (104) de salida posicionado en una segunda extremidad del primer haz (100) de tubos, estando la segunda extremidad opuesta a la primera extremidad.

14.- El sistema de refrigerador enfriado por aire de la reivindicación 1 en donde:

una tasa de flujo de aire a través del intercambiador de calor (10) es de aproximadamente 300 pies (91,44 m) por minuto

ES 2 701 809 T3

a aproximadamente 700 pies (213,36 m) por minuto, preferiblemente de aproximadamente 400 pies (121,92 m) por minuto a aproximadamente 500 pies (152,4) por minuto.

5 una tasa de flujo de refrigerante a través del intercambiador de calor (10) es de aproximadamente 1133,98 kg (2500 libras) por hora a aproximadamente 2041,16 kg (4500 libras) por hora, y/o el refrigerante es un refrigerante a alta presión o un refrigerante a baja presión.

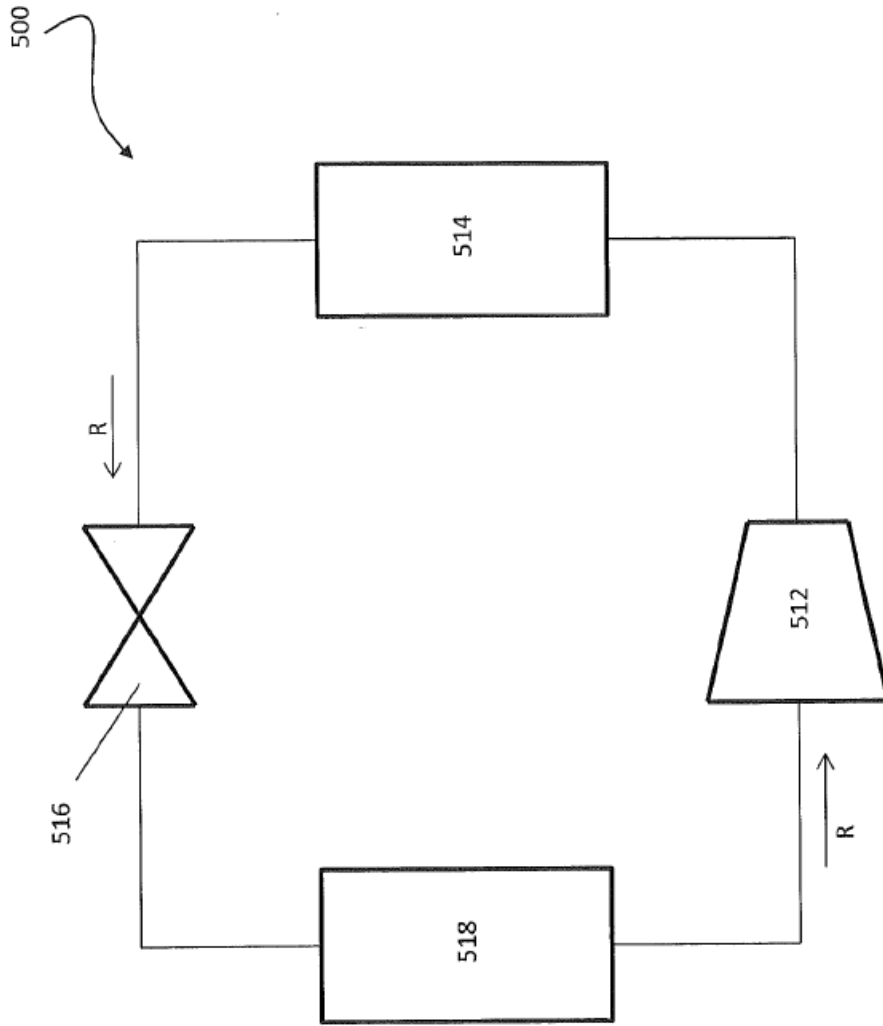


FIG. 1

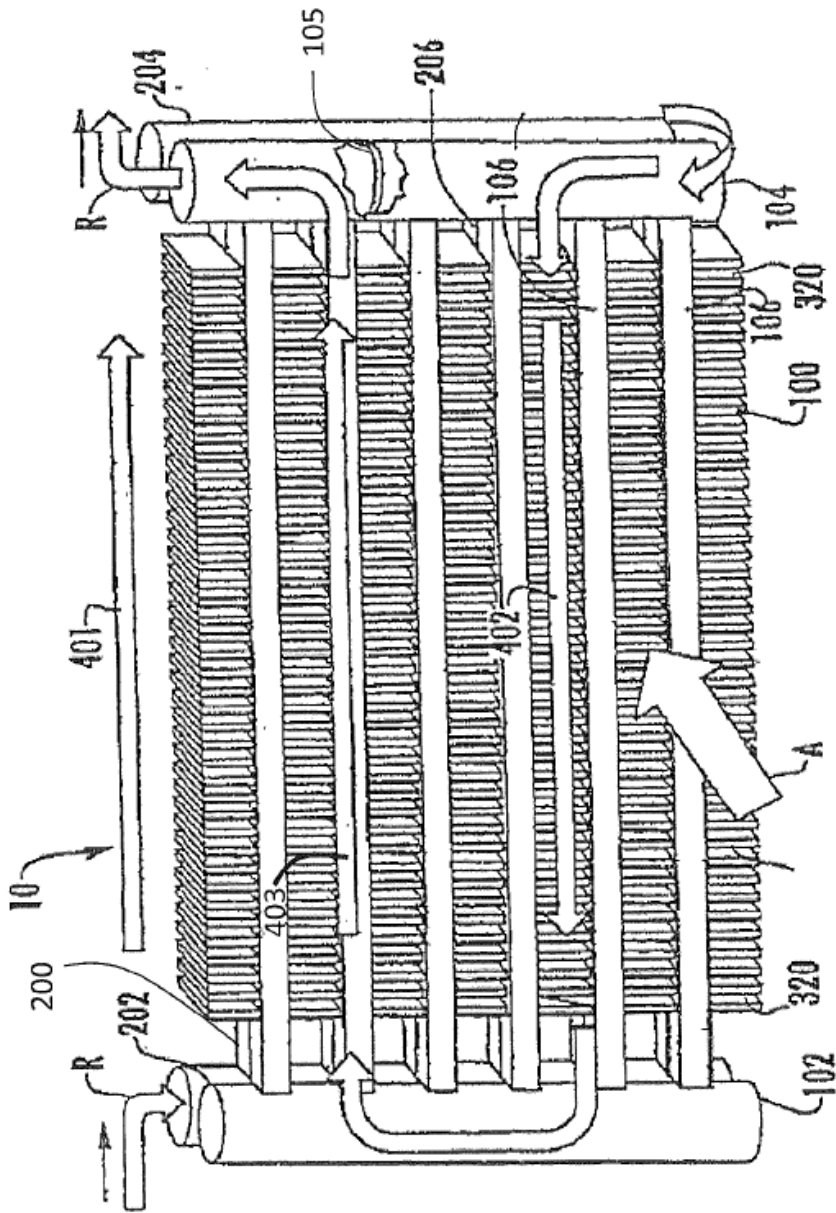


FIG. 2

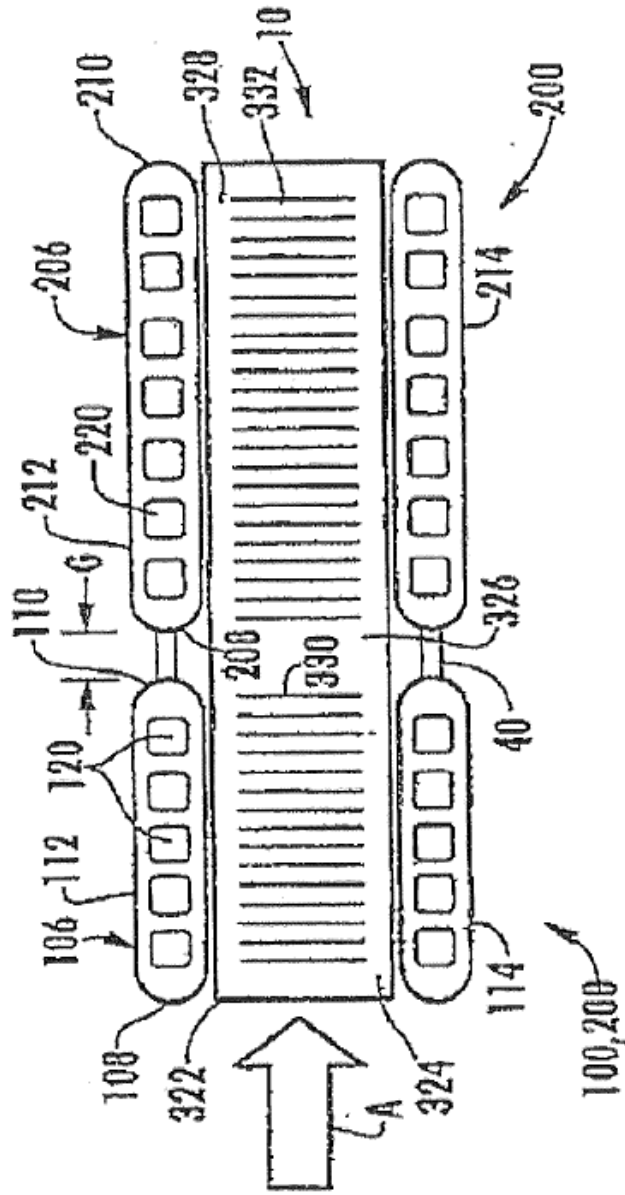


FIG. 3

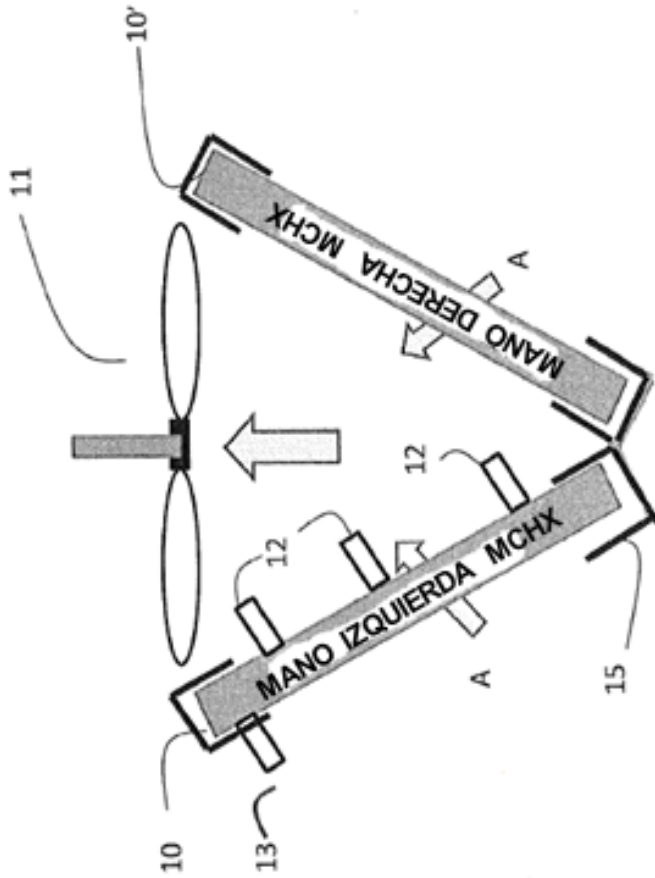


FIG. 4

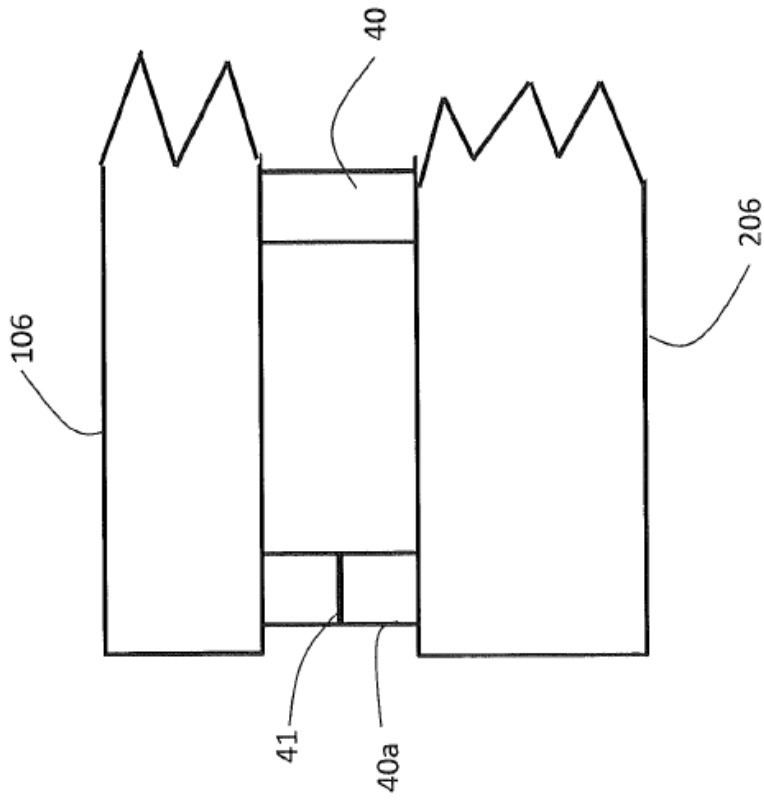


FIG. 5

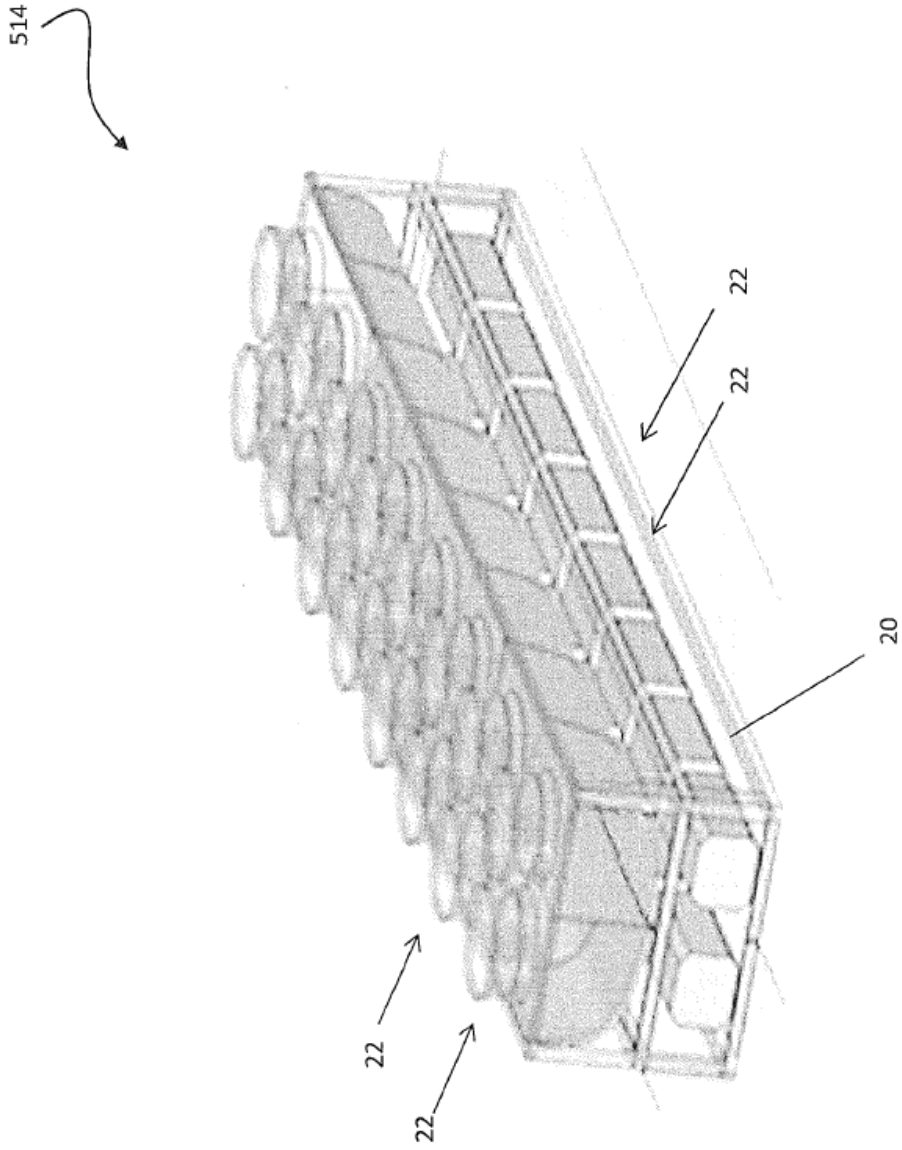


FIG. 6

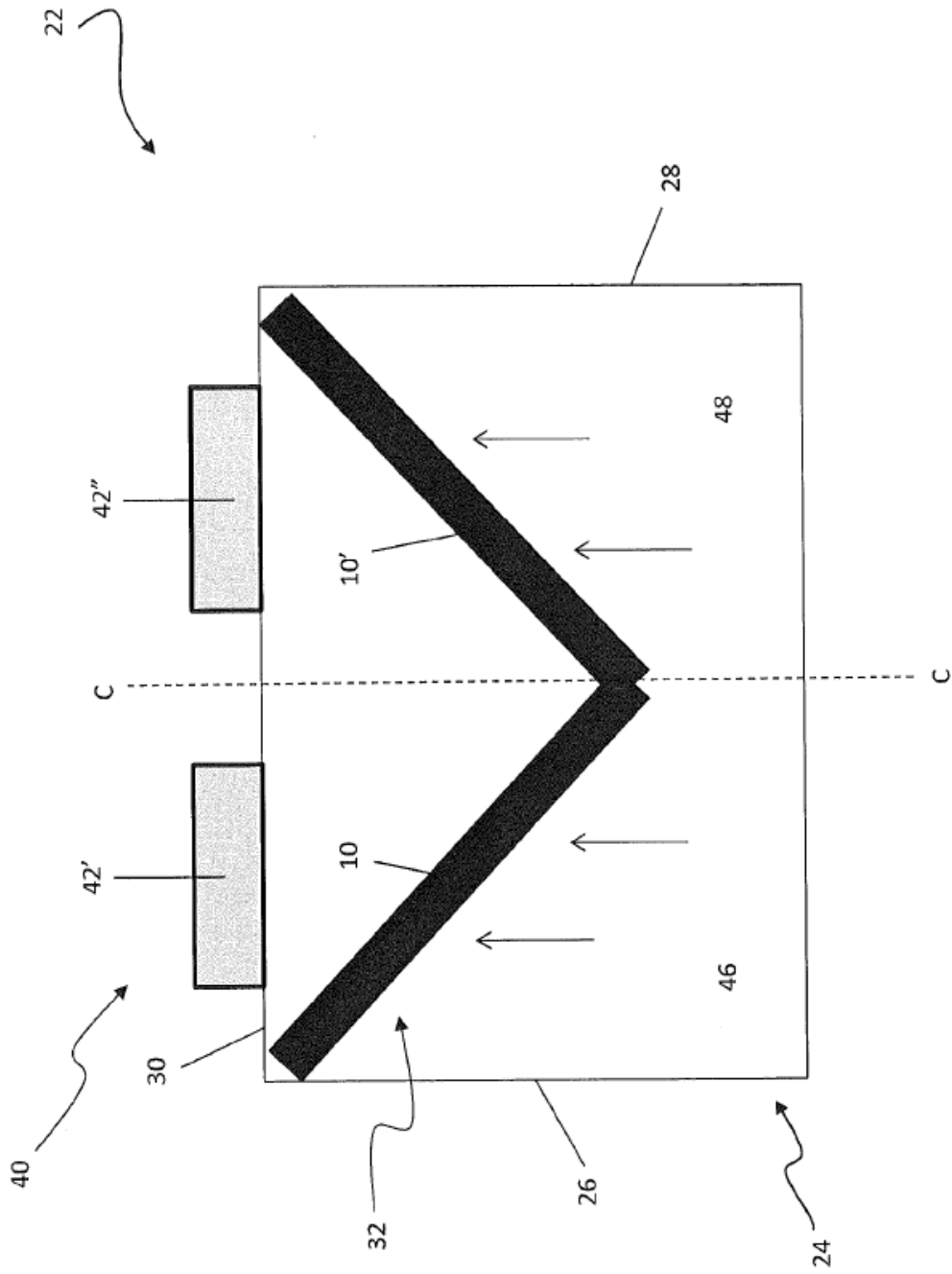


FIG. 7