

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 810**

51 Int. Cl.:

F25B 1/10 (2006.01)

F25B 5/02 (2006.01)

F25B 6/02 (2006.01)

F25B 9/00 (2006.01)

F25B 47/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.06.2012 PCT/US2012/042246**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.12.2012 WO12174105**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.06.2012 E 12730102 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2019 EP 2718641**

54 Título: **Sistema de refrigeración y métodos para refrigeración**

30 Prioridad:

13.06.2011 US 201161496160 P

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

04.07.2019

73 Titular/es:

ARESCO TECHNOLOGIES, LLC (100.0%)

652 S.197th Street

Omaha, NE 68022, US

72 Inventor/es:

LINGELBACH, FRED y

LINGELBACH, JOHN

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 718 810 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 refrigeración y métodos para refrigeración

Campo de la técnica

5 La descripción se refiere generalmente a sistemas de refrigeración y a métodos para refrigeración. Los sistemas de refrigeración pueden ser sistemas de refrigeración industriales que tienen una disposición de compresor centralizada y una pluralidad de sistemas condensador- evaporador (SCE) descentralizados. La transferencia de refrigerante desde la disposición de compresor centralizada hasta y desde la pluralidad de sistemas de condensador descentralizados puede proporcionarse, mayoritariamente, en un estado gaseoso, reduciendo de este modo la cantidad de refrigerante necesaria para el funcionamiento de los sistemas de refrigeración, en comparación con sistemas de refrigeración que transfieren refrigerante líquido desde y hasta los evaporadores. 10 El sistema de refrigeración puede denominarse como un sistema de refrigeración de condensador descentralizado (SRCD). El sistema de refrigeración y el método para refrigeración son ventajosos para cualquier tipo de refrigerante, pero son particularmente adecuados para el uso de amoníaco como un refrigerante.

Antecedentes

15 La refrigeración utiliza la propiedad termodinámica básica de la evaporación para retirar calor de un proceso. Cuando un refrigerante se evapora en un intercambiador de calor, el medio que está en contacto con el intercambiador de calor (es decir, aire, agua, glicol, alimento) transfiere calor desde sí mismo a través de la pared de intercambiador de calor y es absorbido por el refrigerante, dando como resultado el cambio del refrigerante de un estado líquido a un estado gaseoso. Una vez que el refrigerante está en un estado gaseoso, el calor debe 20 ser rechazado por compresión del gas hasta un estado de alta presión y luego pasando el gas a través de un condensador (un intercambiador de calor), donde se retira el calor del gas por un medio de refrigeración, lo que da como resultado la condensación del gas en un líquido. El medio en el condensador que absorbe el calor en un medio de refrigeración es a menudo agua, aire o ambos, agua y aire. El refrigerante en este estado líquido está entonces listo para emplearse de nuevo como un refrigerante para absorber calor.

25 En general, los sistemas de refrigeración industriales utilizan grandes cantidades de potencia, requiriendo, a menudo, múltiples compresores industriales. Debido a este hecho, los sistemas de refrigeración industriales habitualmente incluyen grandes salas de máquinas centralizadas y grandes sistemas de condensación centralizados. Una vez que los compresores comprimen el gas, el gas que va a ser condensado (no empleado para eliminación de escarcha) se bombea hasta un condensador en el gran sistema de condensación centralizado. Los múltiples condensadores en un gran sistema de condensación centralizado se denominan a menudo como la "granja de condensadores". Una vez que el refrigerante está condensado, el refrigerante líquido resultante se recoge en un recipiente, denominado un receptor, el cual es básicamente un tanque de refrigerante líquido. 30

35 Generalmente hay tres sistemas para transportar el líquido desde el receptor hasta los evaporadores, para que pueda emplearse para enfriar. Son el sistema de sobrealimentación de líquido, el sistema de expansión directa y el sistema de tambor de bombeo. El tipo de sistema más común es el sistema de sobrealimentación de líquido. El sistema de sobrealimentación de líquido generalmente emplea bombas de líquido para bombear refrigerante líquido desde grandes recipientes, denominados "acumuladores de bomba" y, en ocasiones, desde recipientes similares denominados "refrigeradores intermedios", hasta cada evaporador. Una única bomba o múltiples 40 bombas pueden aportar refrigerante líquido a una serie de evaporadores en un sistema de refrigeración dado. Debido a que el refrigerante líquido tiene una tendencia a evaporarse, es a menudo necesario mantener grandes cantidades de líquido en los recipientes (altura neta positiva en aspiración, NPSH por sus siglas en inglés), de modo que la bomba no pierda su cebado y cavite. Una bomba cavita cuando el líquido que la bomba está intentando bombear absorbe calor dentro de y en torno a la bomba y se vuelve gas. Cuando esto ocurre, la 45 bomba no puede bombear líquido hasta los diferentes evaporadores, lo que priva a los evaporadores de líquido, haciendo así que la temperatura del proceso se eleve. Es importante observar que los sistemas de sobrealimentación de líquido están diseñados para sobrealimentar los evaporadores. Es decir, los sistemas envían un exceso de líquido a cada evaporador para asegurar que el evaporador tiene refrigerante líquido a lo largo de todo el circuito del evaporador. Al hacer esto, es normal que grandes cantidades de refrigerante líquido regresen desde el evaporador hasta el acumulador, donde el refrigerante líquido, a su vez, es bombeado de nuevo. En general, los sistemas están habitualmente ajustados para una tasa de sobrealimentación de aproximadamente 4:1, lo que quiere decir que por cada 4 galones (15,1 litros) de líquido bombeado hasta un evaporador, 1 galón (3,8 litros) se evapora y absorbe el calor necesario para la refrigeración y 3 galones (11,4 litros) regresan sin evaporarse. Los sistemas requieren una cantidad de refrigerante líquido muy grande para 50 proporcionar la sobrealimentación necesaria. Como resultado, los sistemas requieren mantener una gran cantidad de refrigerante líquido para funcionar de manera adecuada. 55

En referencia a la Figura 1, un sistema de refrigeración de dos etapas, industrial representativo está representado en la referencia número 10 y proporciona sobrealimentación de líquido donde el refrigerante es amoníaco. La instalación de tuberías de varios sistemas de refrigeración de sobrealimentación de líquido puede variar, pero

los principios generales son consistentes. Los principios generales incluyen el empleo de un condensador centralizado o de una granja de condensadores 18, un receptor 26 de alta presión, para recoger el refrigerante condensado, y la transferencia de refrigerante líquido desde el receptor 26 de alta presión a varias etapas 12 y 14. El sistema 10 de refrigeración de dos etapas incluye un sistema 12 de etapa baja y un sistema 14 de etapa alta. Un sistema 16 de compresor acciona tanto el sistema 12 de etapa baja como el sistema 14 de etapa alta, con el sistema 14 de etapa alta enviando gas de amoníaco comprimido al condensador 18. El sistema 16 de compresor incluye un compresor 20 de primera etapa, un compresor 22 de segunda etapa y un refrigerador intermedio 24. El refrigerador intermedio 24 puede también denominarse como un acumulador de etapa alta. El amoníaco condensado del condensador 18 es alimentado al receptor 26 de alta presión mediante la tubería 27 de drenaje de condensador, donde el amoníaco líquido a alta presión es contenido a una presión habitualmente entre aproximadamente 100 psi (0,69 MPa) y aproximadamente 200 psi (1,38 MPa). En referencia al sistema 12 de etapa baja, el amoníaco líquido es canalizado hasta el acumulador 28 de etapa baja mediante las tuberías 30 y 32 de líquido. El amoníaco líquido en el acumulador 28 de etapa baja es bombeado por la bomba 34 de etapa baja, a través de la tubería 36 de líquido de etapa baja, hasta el evaporador 38 de etapa baja. En el evaporador 38 de etapa baja, el amoníaco líquido entra en contacto con el calor del proceso, evaporando así aproximadamente del 25% al 33% (el porcentaje evaporado puede variar ampliamente), dejando el amoníaco restante como un líquido. La mezcla de gas/líquido regresa al acumulador 28 de etapa baja mediante la tubería 40 de succión de etapa baja. El gas evaporado es extraído al compresor 20 de etapa baja mediante la tubería 42 de succión de compresor de etapa baja. Conforme se retira el gas del sistema 12 de etapa baja por el compresor 20 de etapa baja, se descarga al refrigerador intermedio 24 mediante la tubería 44. Es necesario rellenar el amoníaco que ha sido evaporado, así que se transfiere amoníaco líquido desde el receptor 26 hasta el refrigerador intermedio 24 mediante la tubería 30 de líquido y, luego, hasta el acumulador 28 de etapa baja mediante la tubería 32 de líquido.

El sistema 14 de etapa alta funciona de un modo similar al sistema 12 de etapa baja. El amoníaco líquido en el acumulador de etapa alta o refrigerador intermedio 24 es bombeado por la bomba 50 de etapa alta, a través de la tubería 52 de líquido de etapa alta, hasta el evaporador 54 de etapa alta. En el evaporador 54, el amoníaco líquido entra en contacto con el calor del proceso, evaporando así aproximadamente del 25% al 33% (el porcentaje evaporado puede variar ampliamente), dejando el amoníaco restante como un líquido. La mezcla de gas/líquido regresa al acumulador de etapa alta o refrigerador intermedio 24 mediante la tubería 56 de succión de etapa alta. El gas evaporado es extraído luego al compresor 22 de etapa alta mediante la tubería 58 de succión de compresor de etapa alta. Conforme se retira el gas del sistema 14 de etapa alta es necesario rellenar el amoníaco que ha sido evaporado, así que se transfiere amoníaco líquido desde el receptor 26 de alta presión hasta el refrigerador intermedio 24 mediante la tubería 30 de líquido.

El sistema 10 puede estar canalizado de manera diferente, pero el concepto básico es que hay un condensador 18 central que es alimentado por el sistema 16 de compresor y que se almacena amoníaco líquido a alta presión condensado en un receptor 26 de alta presión hasta que se necesita y, entonces, el amoníaco líquido fluye hasta los acumuladores de alta etapa o refrigerador intermedio 24 y se bombea hasta el evaporador 54 de etapa alta. Además, el amoníaco líquido a la presión del refrigerador intermedio fluye hasta el acumulador 28 de etapa baja mediante la tubería 32 de líquido, donde es contenido hasta que se bombea hasta el evaporador 38 de etapa baja. El gas del compresor 20 de etapa baja se canaliza habitualmente mediante la tubería 44 de descarga de compresor de etapa baja hasta el refrigerador intermedio 24, donde se enfría el gas. El compresor 22 de etapa alta extrae gas del refrigerador intermedio 24, comprime el gas hasta una presión de condensación y descarga el gas mediante la tubería 60 de descarga de etapa alta al condensador 18, donde el gas vuelve a condensarse en un líquido. El líquido se drena mediante la tubería 27 de drenaje de condensador hasta el receptor 26 de alta presión, donde el ciclo empieza de nuevo.

El sistema de expansión directa emplea líquido a alta presión o a presión reducida de un tanque centralizado. El líquido es estimulado por una diferencia de presión entre el tanque centralizado y el evaporador, ya que el tanque centralizado está a una presión mayor que el evaporador. Una válvula especial, denominada una válvula de expansión, se emplea para medir el flujo de refrigerante que entra al evaporador. Si se alimenta demasiado, entonces se permite que atraviese refrigerante líquido sin evaporar, hasta el sistema de compresor. Si se alimenta demasiado poco, entonces no se emplea el evaporador a su capacidad máxima, dando como resultado, posiblemente, una refrigeración/congelación insuficiente.

El sistema de tambor de bombeo trabaja de una manera casi idéntica al sistema de sobrealimentación de líquido, siendo la diferencia principal que pequeños tanques presurizados actúan como bombas. En general, se permite que refrigerante líquido llene el tambor de bombeo, donde un gas refrigerante a mayor presión es entonces inyectado sobre el tambor de bombeo, empleando así el diferencial de presión para empujar el líquido al interior de las tuberías que van a los evaporadores. Las tasas de sobrealimentación son generalmente las mismas, como lo es la gran cantidad de refrigerante necesaria para utilizar este tipo de sistema.

En cuanto a la técnica antecedente, se puede mencionar el documento GB 2 248 494 A.

60 Compendio

El sujeto de la presente invención es la técnica expuesta en las reivindicaciones independientes anexas, estando las realizaciones preferidas definidas en las reivindicaciones dependientes relacionadas.

En un aspecto, se proporciona un sistema de refrigeración que incluye una disposición de compresor, una pluralidad de sistemas condensador- evaporador, una primera tubería de alimentación de refrigerante gaseoso y una segunda tubería de alimentación de refrigerante gaseoso. La disposición de compresor se proporciona para comprimir refrigerante gaseoso desde una primera presión hasta una segunda presión, en donde la segunda presión es una presión de condensación. Una presión de condensación es una presión a la cual un refrigerante se condensa cuando se retira calor, habitualmente, en un condensador. La pluralidad de sistemas condensador- evaporador (SCE) incluyen cada uno un condensador para recibir refrigerante gaseoso a una presión de condensación y condensar el refrigerante en un refrigerante líquido, un receptor de presión controlada (RPC) para contener el refrigerante líquido y un evaporador para evaporar el refrigerante líquido para formar refrigerante gaseoso. La primera tubería de alimentación de refrigerante gaseoso se proporciona para alimentar el refrigerante gaseoso a la presión de condensación desde la disposición de compresor hasta la pluralidad de sistemas condensador- evaporador. La segunda tubería de alimentación de refrigerante gaseoso es para alimentar refrigerante gaseoso desde la pluralidad de sistemas condensador- evaporador hasta la disposición de compresor.

Un sistema de refrigeración alternativo incluye una disposición de compresor centralizada y una pluralidad de sistemas condensador- evaporador. Cada sistema condensador- evaporador incluye un condensador para recibir refrigerante gaseoso y condensar el refrigerante gaseoso en un refrigerante líquido, un receptor de presión controlada para contener el refrigerante líquido del condensador y un evaporador, para evaporar el refrigerante líquido para formar refrigerante gaseoso. El sistema de refrigeración está construido para transportar refrigerante gaseoso desde la disposición de compresor centralizada hasta la pluralidad de sistemas condensador- evaporador dispuestos.

En un aspecto más, se proporciona un proceso para alimentar múltiples sistemas condensador- evaporador. El proceso incluye pasos para: comprimir refrigerante gaseoso hasta una presión de condensación para formar un refrigerante gaseoso caliente; alimentar el refrigerante gaseoso caliente a una pluralidad de sistemas condensador- evaporador; y alimentar el refrigerante gaseoso desde la pluralidad de sistemas condensador- evaporador hasta una disposición de compresor construida para comprimir el refrigerante gaseoso hasta una presión de condensación. El proceso puede incluir refrigeración como un resultado de evaporar refrigerante líquido en un evaporador y puede incluir eliminación de escarcha por gas caliente como un resultado de condensar refrigerante gaseoso en un evaporador.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una representación esquemática de un sistema de refrigeración multietapa industrial, representativo de una técnica anterior.

La Figura 2 es una representación esquemática de un sistema de refrigeración que no es acorde a los principios de la presente invención.

La Figura 3 es una representación esquemática de un sistema de refrigeración multietapa de acuerdo a los principios de la presente invención.

La Figura 4 es una representación esquemática de un sistema condensador- evaporador de acuerdo a la Figura 3.

Descripción detallada

Se describe un sistema de refrigeración que puede emplearse en un entorno industrial. En general, el sistema de refrigeración tiene una disposición de compresor centralizada y uno o más sistemas condensador- evaporador descentralizados. Como resultado, la transferencia de refrigerante desde la disposición de compresor centralizada hasta y desde el uno o más sistemas de condensador descentralizados puede proporcionarse como, principalmente (o por completo), refrigerante gaseoso, reduciendo de este modo la cantidad de refrigerante necesaria para el funcionamiento del sistema de refrigeración, en comparación con sistemas de refrigeración que transfieren refrigerante líquido desde un tanque receptor a alta presión centralizado hasta uno o más evaporadores.

Los sistemas de refrigeración con amoníaco tradicionales han empleado un sistema de condensación centralizado que implica grandes tanques o recipientes de almacenamiento que contienen grandes cantidades de amoníaco en un depósito. Dependiendo del tipo de recipiente y del sistema de refrigeración, se emplean habitualmente bombas de líquido para bombear grandes cantidades de amoníaco líquido a través del sistema para aportar el líquido a los evaporadores. Como resultado, los sistemas anteriores habitualmente requieren la presencia de una gran cantidad de amoníaco líquido dentro del sistema.

El sistema de refrigeración de acuerdo a la invención puede proporcionarse como un sistema de una única etapa

o como un sistema multietapa. En general, un sistema de una única etapa es uno donde un único compresor bombea el refrigerante desde una presión de evaporación hasta una presión de condensación. Por ejemplo, una presión de evaporación de aproximadamente 30 psi (0,2 MPa) hasta una presión de condensación de aproximadamente 150 psi (1,0 MPa). Un sistema de dos etapas emplea dos o más compresores en serie que bombean desde una presión baja (presión de evaporación) hasta una presión intermedia y luego comprimen el gas hasta una presión de condensación. Un ejemplo de esto sería un primer compresor que comprimiere el gas desde una presión de evaporación de aproximadamente 0 psi (0 MPa) hasta una presión intermedia de aproximadamente 30 psi (0,2 MPa) y un segundo compresor que comprimiere el gas desde la presión intermedia hasta una presión de condensación de aproximadamente 150 psi (1,0 MPa). El propósito de un sistema de dos etapas es, principalmente, ahorros de potencia, además de limitaciones en la tasa de compresión del compresor en algunos modelos. Algunas plantas pueden tener dos o más etapas bajas, donde una etapa puede estar dedicada a hacer funcionar congeladores a, por ejemplo, -10°F (-23°C) y otra etapa puede estar dedicada a hacer funcionar congeladores rápidos a, por ejemplo, -40°F (-40°C). El sistema de refrigeración puede acomodar una sola etapa, etapas dobles o cualquier número o disposición de etapas. Algunas plantas pueden tener dos o más etapas altas o cualquier combinación de etapas bajas y altas.

En lugar de emplear un sistema de condensador centralizado grande y depósitos para refrigerante líquido, el sistema de refrigeración utiliza el sistema condensador- evaporador (SCE) descrito en la solicitud de patente provisional de EE. UU. con número de serie 61/496.156, presentada en la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos de Norteamérica el 13 de junio de 2011 (correspondiente al documento WO 2012/174093 A2). El SCE puede considerarse un subsistema del sistema de refrigeración global, que incluye un intercambiador de calor que actúa como un condensador durante la refrigeración (y puede actuar como un evaporador opcional durante la eliminación de escarcha por gas caliente), un receptor de presión controlada (RPC) que actúa como un depósito de refrigerante, un evaporador que absorbe el calor del proceso (y puede actuar como un condensador opcional durante la eliminación de escarcha por gas caliente) y la disposición adecuada de válvulas. Debido a que el SCE es un condensador, un depósito de refrigerante líquido y un evaporador en un conjunto, el sistema de refrigeración que utilice uno o más SCE puede ser descentralizado. Como consecuencia, el movimiento de refrigerante líquido a través del sistema de refrigeración puede ser reducido significativamente. Al reducir significativamente la cantidad de refrigerante líquido que es transportada a través del sistema de refrigeración, la cantidad global de refrigerante en el sistema de refrigeración puede ser reducida significativamente. A modo de ejemplo, para un sistema de refrigeración según la técnica anterior, como el descrito en la Figura 1, la cantidad de refrigerante puede ser disminuida en, al menos, aproximadamente el 85% o más, como resultado de utilizar un sistema de refrigeración de acuerdo a la invención, que proporciona una disposición de compresor centralizada y un SCE (o varios) descentralizado, mientras que se mantiene aproximadamente la misma capacidad de refrigeración.

En referencia ahora a la Figura 2, se muestra un sistema de refrigeración no acorde a la invención, con referencia numérica 70. El sistema de refrigeración 70 incluye una disposición 72 de compresor y un SCE 74. La disposición de compresor puede proporcionarse como un compresor de etapa única o multietapa. En general, una refrigeración gaseosa abandona la disposición 72 de compresor mediante la tubería 76 de gas caliente. El refrigerante gaseoso en la tubería 76 de gas caliente puede proporcionarse a una presión de condensación. Una presión de condensación para un refrigerante es la presión a la cual el refrigerante tendrá una tendencia a condensarse en un líquido una vez que se ha retirado calor del mismo. Como resultado de pasar a través de la tubería 76 de gas caliente, parte del refrigerante gaseoso puede condensarse en un líquido. El refrigerante condensado puede ser retirado de la tubería 76 de gas caliente por una disposición 78 de supresión. Pueden utilizarse varias disposiciones de supresión. En general, puede proporcionarse una disposición de supresión para reducir la temperatura o reducir el sobrecalentamiento del refrigerante evaporado en la tubería 86 de retorno de refrigerante gaseoso. Para la disposición 78 de supresión, puede introducirse refrigerante líquido en la tubería 86 de retorno de refrigerante gaseoso para reducir el sobrecalentamiento en la tubería 86 de retorno de refrigerante gaseoso.

El refrigerante gaseoso comprimido fluye en la tubería 76 de gas caliente hasta el sistema condensador- evaporador 74, donde se emplea para refrigeración o eliminación de escarcha. El sistema condensador- evaporador 74 puede funcionar en un ciclo de refrigeración o en un ciclo de eliminación de escarcha por gas caliente. Cuando el sistema condensador- evaporador 74 funciona en un ciclo de refrigeración, el refrigerante gaseoso comprimido entra al condensador 80, donde es condensado en un refrigerante líquido. El refrigerante líquido fluye luego hasta el receptor 82 de presión controlada y el refrigerante líquido fluye luego desde el receptor 82 de presión controlada hasta el evaporador 84, para proporcionar refrigeración. Como resultado de pasar a través del evaporador 84, una porción del refrigerante líquido se evapora y el refrigerante evaporado es retirado del sistema condensador- evaporador 74 mediante la tubería 86 de succión. Cuando el sistema condensador- evaporador 74 funciona en eliminación de escarcha por gas caliente, las funciones del intercambiador de calor 80 y del evaporador 84 están esencialmente intercambiadas. Es decir, el refrigerante comprimido de la tubería 76 de gas caliente fluye hasta el evaporador 84, donde se condensa en un líquido, y el líquido fluye luego hasta el receptor 82 de presión controlada. El refrigerante líquido del receptor 82 de presión controlada fluye hasta el condensador 80, donde se evapora, y el refrigerante evaporado regresa a la disposición de compresor mediante la tubería 86 de succión.

El receptor 82 de presión controlada puede denominarse, más simplemente, como el RPC o como el receptor. En general, un receptor de presión controlada es un receptor que, durante el funcionamiento, mantiene una presión dentro del receptor que es menor que la presión de condensación. La menor presión en el RPC puede ayudar a impulsar flujo, por ejemplo, desde el condensador 80 hasta el RPC 82 y también desde el RCP 82 hasta el evaporador 84. Es más, el evaporador 84 puede funcionar más eficazmente como resultado de un descenso de la presión por la presencia del RCP 82.

El refrigerante evaporado en la tubería 86 de succión entra al sistema 72 de compresor a través del acumulador 90 y luego a la disposición 72 de compresor. El acumulador 90 funciona para proteger la disposición 72 de compresor, separando el refrigerante líquido del refrigerante gaseoso. En ciertos diseños, el acumulador puede funcionar como un refrigerador intermedio. Cuando se proporciona un acumulador entre etapas de compresor, el acumulador entre las etapas de compresor puede denominarse como un refrigerador intermedio. El acumulador puede ser cualquier acumulador que funcione para separar el refrigerante líquido del refrigerante gaseoso. Acumuladores ejemplares incluyen los descritos en las patentes de EE. UU. con números 6.018.958, 6.349.564 y 6.467.302. El acumulador es un tanque que actúa como un espacio de separación para el gas entrante. Los acumuladores pueden dimensionarse de modo que la velocidad de entrada del gas se reduzca suficientemente. El refrigerante líquido atrapado en la corriente de gas debe expulsarse, de modo que el líquido no sea extraído a la disposición 72 de compresor. Un sistema de refrigeración puede incluir más de un acumulador. En un sistema de dos etapas, el segundo acumulador se denomina a menudo como un "refrigerador intermedio", porque permite la refrigeración del gas descargado desde un primer compresor. El acumulador 90 tiene un sensor 92 que monitoriza el líquido que se ha acumulado en el tanque. Para mantener la máxima flexibilidad, el acumulador 90 puede presentar un método para condensar gas y evaporar líquido. Con esta característica, se pueden emplear tanques para almacenar el exceso de líquido (depósito) para una diversidad de situaciones, incluida cualquier incidencia debida a eliminación de escarcha, funcionamiento incorrecto, pérdida de refrigerante, almacenamiento de líquido en general, etc.

En referencia ahora a la Figura 3, un sistema de refrigeración que utiliza múltiples sistemas condensador-evaporador (SCE) de acuerdo a la invención se muestra con número de referencia 100. El sistema 100 de refrigeración incluye una disposición 102 de compresor centralizada y una pluralidad de sistemas condensador-evaporador 104. Para el sistema 100 de refrigeración multietapa, se muestran dos sistemas condensador-evaporador adicionales, según de desee. El sistema condensador-evaporador 106 puede denominarse como un sistema condensador-evaporador de etapa baja y el sistema condensador-evaporador 108 puede denominarse como un sistema condensador-evaporador de etapa alta. En general, el SCE 106 de etapa baja y el SCE 108 de etapa alta se presentan para ilustrar cómo el sistema 100 de refrigeración multietapa puede satisfacer diferentes requisitos de retirada de calor o de refrigeración. Por ejemplo, el SCE 106 de etapa baja puede proporcionarse de modo que funcione para crear un entorno de temperatura más baja que el entorno creado por el SCE 108 de etapa alta. Por ejemplo, el SCE 106 de etapa baja puede emplearse para proporcionar congelación rápida a aproximadamente -40°F (-40°C). El SCE 108 de etapa alta, por ejemplo, puede proporcionar un área que esté enfriada a una temperatura significativamente más alta que -40°F (-40°C), tal como, por ejemplo, aproximadamente $\pm 10^{\circ}\text{F}$ ($\pm 5,6^{\circ}\text{C}$) hasta aproximadamente 30°F ($-1,1^{\circ}\text{C}$). Debe entenderse que estos valores se proporcionan como ilustración. Se entiende que los requisitos de refrigeración de cualquier instalación industrial pueden ser seleccionados y proporcionados por el sistema de refrigeración multietapa de acuerdo a la invención.

Para el sistema 100 de refrigeración multietapa, la disposición 102 de compresor centralizada incluye una disposición 110 de compresor de primera etapa y una disposición 112 de compresor de segunda etapa. La disposición 110 de compresor de primera etapa puede denominarse como un compresor de primera etapa o de etapa baja y la disposición 112 de compresor de segunda etapa puede denominarse como un compresor de segunda etapa o de etapa alta. Entre la disposición 110 de compresor de primera etapa y la disposición 112 de compresor de segunda etapa se proporciona un refrigerador intermedio 114. En general, se alimenta refrigerante gaseoso mediante la tubería 109 de entrada de compresor de primera etapa a la disposición 110 de compresor de primera etapa, donde es comprimido hasta una presión intermedia, y el refrigerante gaseoso a la presión intermedia es transportado mediante la tubería 116 de gas refrigerante a presión intermedia hasta el refrigerador intermedio 114. El refrigerador intermedio 114 permite que el refrigerante gaseoso a la presión intermedia se enfríe, pero también permite que cualquier refrigerante líquido sea separado del refrigerante gaseoso. El refrigerante a presión intermedia es luego alimentado a la disposición 112 de compresor de segunda etapa mediante la segunda tubería 111 de entrada de compresor, donde el refrigerante es comprimido hasta una presión de condensación. A modo de ejemplo, y en el caso de amoníaco como refrigerante, el refrigerante gaseoso puede entrar en la disposición 110 de compresor de primera etapa a una presión de aproximadamente 0 psi (0 Pa) y puede ser comprimido hasta una presión de aproximadamente 30 psi (0,2 MPa). El refrigerante gaseoso a aproximadamente 30 psi (0,2 MPa) puede luego ser comprimido mediante la disposición 112 de compresor de segunda etapa hasta una presión de aproximadamente 150 psi (1,0 MPa).

En el funcionamiento general, el refrigerante gaseoso comprimido por la disposición 102 de compresor centralizada fluye mediante la tubería 118 de gas caliente hasta la pluralidad de sistemas condensador-evaporador 104. El refrigerante gaseoso de la disposición 102 de compresor que fluye al interior de la tubería 118 de gas caliente puede denominarse como una fuente de refrigerante gaseoso comprimido que se emplea

para alimentar uno o más sistemas condensador- evaporador 104. Como se muestra en la Figura 3, la fuente de refrigerante gaseoso comprimido alimenta tanto al SCE 106 como al SCE 108. La fuente de refrigerante gaseoso comprimido puede emplearse para alimentar más de dos sistemas condensador- evaporador. Para un sistema de refrigeración con amoníaco industrial, la única fuente de refrigerante gaseoso comprimido puede emplearse para alimentar cualquier número de sistemas condensador- evaporador, tal como, por ejemplo, al menos uno, al menos dos, al menos tres, al menos cuatro, etc., sistemas condensador- evaporador.

El refrigerante gaseoso del SCE 106 de etapa baja se recupera mediante la tubería 120 de succión de etapa baja (SEB) y se alimenta al acumulador 122. El refrigerante gaseoso del SCE 108 de etapa alta se recupera mediante la tubería 124 de succión de etapa alta (SEA) y se alimenta al acumulador 126. Como se ha tratado anteriormente, el refrigerador intermedio 114 puede caracterizarse como el acumulador 126. Los acumuladores 122 y 126 pueden construirse para recibir refrigerante gaseoso y para permitir la separación entre el refrigerante gaseoso y el refrigerante líquido, de modo que, esencialmente, solo se envíe refrigerante gaseoso a la disposición 110 de compresor de primera etapa y a la disposición 112 de compresor de segunda etapa.

El refrigerante gaseoso regresa a los acumuladores 122 y 126 mediante la tubería 120 de succión de etapa baja y la tubería 124 de succión de etapa alta, respectivamente. Es deseable proporcionar el refrigerante gaseoso de regreso a una temperatura que no sea demasiado caliente ni demasiado fría. Si el refrigerante de regreso está demasiado caliente, el calor adicional (es decir, sobrecalentamiento) puede afectar de manera adversa el calor de compresión en las disposiciones 110 y 112 de compresor. Si el refrigerante de regreso está demasiado frío, puede haber una tendencia a que demasiado refrigerante líquido se acumule en los acumuladores 122 y 126. Pueden utilizarse varias técnicas para controlar la temperatura del refrigerante gaseoso de regreso. Una técnica, mostrada en la Figura 3, es un sistema 160 de supresión. El sistema 160 de supresión funciona introduciendo refrigerante líquido en el refrigerante gaseoso de regreso mediante la tubería 162 de refrigerante líquido. El refrigerante líquido introducido en el refrigerante gaseoso de regreso en la tubería 120 de succión de etapa baja o en la tubería 124 de succión de etapa alta puede reducir la temperatura del refrigerante gaseoso de regreso. Puede proporcionarse una válvula 164 para controlar el flujo de refrigerante líquido a través de la tubería 162 de refrigerante líquido y puede responder como resultado de una señal 166 desde los acumuladores 122 y 126. Puede fluir refrigerante gaseoso desde la tubería 118 de gas caliente hasta la tubería 168 de supresión de refrigerante gaseoso, donde el flujo está controlado por una válvula 169. Un intercambiador de calor 170 condensa el refrigerante gaseoso y el refrigerante líquido fluye mediante la tubería 172 de receptor de refrigerante líquido al interior de un receptor 174 de presión controlada. Una tubería 176 de presión de receptor puede proporcionar conexión entre la tubería 120 de succión de etapa baja o la tubería 124 de succión de etapa alta y el receptor 174 de presión controlada, para mejorar el flujo del refrigerante líquido a través de la tubería 162 de refrigerante líquido.

Los acumuladores 122 y 126 pueden construirse para que permitan la acumulación de refrigerante líquido en su interior. En general, el refrigerante que regresa de la tubería 120 de succión de etapa baja y de la tubería 124 de succión de etapa alta es gaseoso. Parte del refrigerante gaseoso puede condensarse y recogerse en los acumuladores 122 y 126. Los acumuladores pueden construirse de modo que puedan proporcionar evaporación de refrigerante líquido. Además, los acumuladores pueden construirse de modo que un refrigerante líquido pueda recuperarse de los mismos. Bajo ciertas circunstancias, los acumuladores pueden emplearse para almacenar refrigerante líquido.

En referencia ahora a la Figura 4, el sistema condensador- evaporador 106 se proporciona con más detalle. El sistema condensador- evaporador 106 incluye un condensador 200, un receptor 202 de presión controlada y un evaporador 204. En general, el condensador 200, el receptor 202 de presión controlada y el evaporador 204 pueden dimensionarse de modo que trabajen juntos para proporcionar al evaporador 204 la capacidad de refrigeración deseada. En general, el evaporador 204 está habitualmente dimensionado para la cantidad de calor que necesita absorber de un proceso. Es decir, el evaporador 204 está habitualmente dimensionado en base al nivel de refrigeración que se supone debe proporcionar en una instalación dada. El condensador 200 puede estar especificado para condensar el refrigerante gaseoso a aproximadamente la misma tasa a la que el evaporador 204 evapora el refrigerante durante la refrigeración, para proporcionar un flujo equilibrado dentro del SCE. Por proporcionar un flujo equilibrado se quiere decir que el calor retirado del refrigerante por el condensador 200 es aproximadamente equivalente al calor absorbido por el refrigerante en el evaporador 204. Debe tenerse en cuenta que un flujo equilibrado puede considerarse un flujo a lo largo de un periodo de tiempo que permite que el evaporador logre un nivel deseado de rendimiento. En otras palabras, mientras el evaporador 204 esté rindiendo como se desea, el SCE puede considerarse equilibrado. Esto es diferente con una granja de condensadores centralizada, que presta servicio a varios evaporadores. En el caso de una granja de condensadores centralizada que presta servicio a varios evaporadores, la granja de condensadores no se considera equilibrada con respecto a ningún evaporador concreto. En su lugar, la granja de condensadores se considera equilibrada para la totalidad de los evaporadores. Por el contrario, en el SCE, el condensador 200 está dedicado al evaporador 204. El condensador 200 puede denominarse como un condensador dedicado de evaporador. Dentro de un SCE, el condensador 200 puede proporcionarse como una única unidad o como múltiples unidades dispuestas en serie o en paralelo. Del mismo modo, el evaporador 204 puede proporcionarse como una única unidad o como múltiples unidades dispuestas en serie o en paralelo.

Puede haber ocasiones en que el SCE necesite ser capaz de evaporar refrigerante líquido en el condensador 200. Una razón es el empleo de eliminación de escarcha por gas caliente en el SCE. Como resultado, el condensador 200 puede estar dimensionado de modo que evapore refrigerante a aproximadamente la misma tasa a la que el evaporador 204 esté condensando el refrigerante durante la eliminación de escarcha por gas caliente, para proporcionar un flujo equilibrado. Como resultado, el condensador 200 puede ser “mayor” de lo necesario para condensar refrigerante gaseoso durante un ciclo de refrigeración.

Para un sistema de refrigeración industrial convencional que utilice una “granja de condensadores” centralizada y una pluralidad de evaporadores, a los que se alimenta refrigerante líquido desde un receptor a alta presión central, la granja de condensadores no está equilibrada con respecto a ninguno de los evaporadores. En su lugar, la granja de condensadores está generalmente equilibrada con la capacidad térmica total de todos los evaporadores. Por el contrario, para un SCE, el condensador y el evaporador pueden estar equilibrados uno con respecto al otro.

El sistema condensador-evaporador 106 puede considerarse un subsistema de un sistema de refrigeración global. Como un subsistema, el sistema condensador-evaporador puede generalmente funcionar de manera independiente de otros sistemas condensador-evaporador que pueden también estar presentes en el sistema de refrigeración. Alternativamente, el sistema condensador-evaporador 106 puede proporcionarse de modo que funcione en conjunto con uno o más sistemas condensador-evaporador diferentes en el sistema de refrigeración. Por ejemplo, pueden proporcionarse dos o más SCE que trabajen juntos para refrigerar un entorno particular.

El sistema condensador-evaporador 106 puede proporcionarse de modo que funcione tanto en un ciclo de refrigeración como en un ciclo de eliminación de escarcha. El condensador 200 puede ser un intercambiador de calor 201 que funcione como un condensador 200 en un ciclo de refrigeración y como un evaporador 200' en un ciclo de eliminación de escarcha por gas caliente. Del mismo modo, el evaporador 204 puede ser un intercambiador de calor 205 que funcione como un evaporador 204 en un ciclo de refrigeración y como un condensador 204' en un ciclo de eliminación de escarcha por gas caliente. Consecuentemente, un experto en la técnica entenderá que el intercambiador de calor 201 puede denominarse como un condensador 200, cuando funcione en un ciclo de refrigeración, y como un evaporador 200', cuando funcione en un ciclo de eliminación de escarcha por gas caliente. Del mismo modo, el intercambiador de calor 205 puede denominarse como un evaporador 204, cuando funcione en un ciclo de refrigeración, y como un condensador 204', cuando funcione en un ciclo de eliminación de escarcha por gas caliente. Un ciclo de eliminación de escarcha por gas caliente se refiere a un método en el que el gas del compresor se introduce en un evaporador para calentar el evaporador para derretir cualquier escarcha o hielo acumulado. Como resultado, el gas caliente pierde calor y se condensa. El SCE puede denominarse como un sistema de doble función cuando puede funcionar tanto para refrigeración como para eliminación de escarcha por gas caliente. Un sistema de doble función es ventajoso para el sistema de condensación global, porque el medio de condensación puede enfriarse durante el ciclo de eliminación de escarcha por gas caliente, dando lugar así a ahorros de energía, lo que aumenta el rendimiento global. La frecuencia de un ciclo de eliminación de escarcha por gas caliente puede variar, desde una eliminación de escarcha por unidad al día hasta una eliminación de escarcha cada hora y los ahorros al recuperar este calor pueden ser sustanciales. Este tipo de recuperación de calor no es posible en sistemas tradicionales que no proporcionan un ciclo de eliminación de escarcha por gas caliente. Otros métodos de eliminación de escarcha incluyen, pero no se limitan a, emplear aire, agua y calor eléctrico. Los sistemas condensador-evaporador son adaptables a los diferentes métodos de eliminación de escarcha.

El sistema condensador-evaporador 106 puede alimentarse con refrigerante gaseoso mediante la tubería 206 de gas caliente. El sistema condensador-evaporador 106 puede proporcionarse en una ubicación remota de la disposición de compresor centralizada del sistema de refrigeración. Al alimentar refrigerante gaseoso al sistema condensador-evaporador 106, puede haber una reducción significativa en la cantidad de refrigerante requerida por el sistema de refrigeración, porque el refrigerante que se alimenta a los sistemas condensador-evaporador 106 se alimenta en una forma gaseosa, en vez de en una forma líquida. Como resultado, el sistema de refrigeración puede funcionar a una capacidad esencialmente equivalente a la capacidad de un sistema de alimentación de líquido convencional, pero con significativamente menos refrigerante.

El funcionamiento del sistema condensador-evaporador 106 puede describirse cuando funciona en un ciclo de refrigeración y cuando funciona en un ciclo de eliminación de escarcha. El refrigerante gaseoso fluye a través de la tubería 206 de gas caliente y el flujo de refrigerante gaseoso puede controlarse mediante la válvula 208 de control de flujo de ciclo de refrigeración por gas caliente y la válvula 209 de control de flujo de eliminación de escarcha por gas caliente. Cuando funciona en ciclo de refrigeración, la válvula 208 está abierta y la válvula 209 está cerrada. Cuando funciona en ciclo de eliminación de escarcha, la válvula 208 está cerrada y la válvula 209 está abierta. Las válvulas 208 y 209 pueden proporcionarse como electroválvulas de todo o nada o como válvulas moduladoras que controlan el caudal del refrigerante gaseoso. El flujo de refrigerante puede controlarse o ajustarse en base al nivel de refrigerante líquido en el receptor 202 de presión controlada.

El condensador 200 es un intercambiador de calor 201 que funciona como un condensador cuando el sistema condensador-evaporador 106 esté funcionando en un ciclo de refrigeración y puede funcionar como un evaporador cuando el sistema condensador-evaporador 106 esté funcionando en un ciclo de eliminación de

escarcha, tal como un método de eliminación de escarcha por gas caliente. Cuando funciona como un condensador durante un ciclo de refrigeración, el condensador condensa gas refrigerante a alta presión, al retirar calor del gas refrigerante. El gas refrigerante puede proporcionarse a una presión de condensación, lo que significa que, una vez que el calor sea retirado del gas, el gas se condensará en un líquido. Durante el ciclo de eliminación de escarcha, el intercambiador de calor actúa como un evaporador, al evaporar refrigerante condensado. Debe tenerse en cuenta que el intercambiador de calor se representa en la Figura 4 como una única unidad. No obstante, debe entenderse que es representativo de múltiples unidades que pueden disponerse en paralelo o en serie para proporcionar la capacidad de intercambio de calor deseada. Por ejemplo, si se requiere capacidad adicional durante la eliminación de escarcha, debido a un exceso de condensado, puede emplearse una unidad de intercambiador de calor adicional. El intercambiador de calor 201 puede preverse como un intercambiador de calor de "placas y bastidor". No obstante, intercambiadores de calor alternativos pueden utilizarse, incluidos intercambiadores de calor de carcasa y tubos. El medio de condensación para accionar el intercambiador de calor puede ser agua o una solución acuosa, como una solución de agua y glicol, o cualquier medio de refrigeración, incluido dióxido de carbono u otro refrigerante. El medio de condensación puede enfriarse empleando técnicas convencionales, tales como, por ejemplo, una torre de refrigeración o un intercambio térmico subterráneo. Además, el calor en el medio de condensación puede emplearse en otras partes de una instalación industrial o comercial.

El refrigerante condensado fluye desde el intercambiador de calor 201 hasta el receptor 202 de presión controlada mediante la tubería 210 de refrigerante condensado. La tubería 210 de refrigerante condensado puede incluir una válvula 212 de control de flujo de drenaje de condensador. La válvula 212 de control de flujo de drenaje de condensador puede controlar el flujo de refrigerante condensado desde el intercambiador de calor 201 hasta el receptor 202 de presión controlada durante el ciclo de refrigeración. Durante el ciclo de eliminación de escarcha, la válvula 212 de control de flujo de drenaje de condensador puede proporcionarse para parar el flujo de refrigerante desde el intercambiador de calor 201 hasta el receptor 202 de presión controlada. Un ejemplo de la válvula 212 de control de flujo de drenaje de condensador es un solenoide y un flotador, la cual solo permita que pase líquido a su través y que se cierre si hay gas presente.

El receptor 202 de presión controlada actúa como un depósito de refrigerante líquido tanto durante el ciclo de refrigeración como durante el ciclo de eliminación de escarcha. En general, el nivel de refrigerante líquido en el receptor 202 de presión controlada tiende a ser menor durante el ciclo de refrigeración y mayor durante el ciclo de eliminación de escarcha. El motivo de esto es que el refrigerante líquido dentro del evaporador 204 es retirado durante el ciclo de eliminación de escarcha y es situado en el receptor 202 de presión controlada. Consecuentemente, el receptor 202 de presión controlada está dimensionado de modo que es lo bastante grande para contener todo el volumen de líquido que está contenido normalmente en el evaporador 204 durante el ciclo de refrigeración más el volumen de líquido contenido en el receptor 202 de presión controlada durante el ciclo de refrigeración. Por supuesto, el tamaño del receptor 202 de presión controlada puede ser mayor, si se desea. Conforme aumenta el nivel de refrigerante en el receptor 202 de presión controlada durante un ciclo de eliminación de escarcha, el líquido acumulado puede ser evaporado en el intercambiador de calor 201. Además, el receptor de presión controlada puede proporcionarse como múltiples unidades, si se desea.

Durante el ciclo de refrigeración fluye refrigerante líquido desde el receptor 202 de presión controlada hasta el evaporador 204 mediante la tubería 214 de alimentación de evaporador. El refrigerante líquido sale del receptor 202 de presión controlada y a través de la válvula 216 de alimentación de líquido de presión de control. La válvula 216 de alimentación de líquido de presión de control regula el flujo de refrigerante líquido desde el receptor 202 de presión controlada hasta el evaporador 204. Puede proporcionarse una válvula 218 de alimentación en la tubería 214 de alimentación de evaporador para proporcionar un control de flujo más preciso. Debe entenderse, no obstante, que si una válvula de flujo preciso, tal como una válvula de expansión electrónica, se emplea como válvula 216 de alimentación de líquido de presión de control, entonces la válvula 218 de alimentación puede no ser necesaria.

El evaporador 204 puede proporcionarse como un evaporador que retira calor del aire, agua o de cualquier cantidad de otros medios. Tipos ejemplares de sistemas que pueden ser enfriados por el evaporador 204 incluyen evaporadores de serpentín, intercambiadores de calor de carcasa y tubos, intercambiadores de calor de placas y bastidor, congeladores de placa de contacto, congeladores de espiral y túneles de congelación. Los intercambiadores de calor pueden enfriar o congelar congeladores de almacenamiento, plantas de procesado, aire, fluidos potables y no potables y otros productos químicos. En casi cualquier aplicación en la que haya de retirarse calor, prácticamente cualquier tipo de evaporador puede emplearse con el sistema SCE.

Puede recuperarse refrigerante gaseoso del evaporador 204 mediante la tubería 220 de SEB. Dentro de la tubería 220 de SEB puede proporcionarse una válvula 222 de control de succión. Opcionalmente, puede proporcionarse un acumulador en la tubería 220 para proporcionar protección adicional frente al arrastre de líquido. La válvula 222 de control de succión controla el flujo de refrigerante evaporado desde el evaporador 204 hasta la disposición de compresor centralizada. La válvula 222 de control de succión está normalmente cerrada durante el ciclo de eliminación de escarcha. Además, durante el ciclo de eliminación de escarcha, el evaporador 204 funciona como un condensador que condensa refrigerante gaseoso en un refrigerante líquido y el refrigerante líquido condensado fluye desde el evaporador 204 hasta el receptor 202 de presión controlada mediante la

tubería 224 de recuperación de refrigerante líquido. Puede proporcionarse calor latente y calor sensible para eliminar la escarcha el evaporador durante el ciclo de eliminación de escarcha. Otro tipo de eliminación de escarcha, tal como por agua y por calor eléctrico, puede emplearse para eliminar escarcha. Dentro de la tubería 224 de recuperación de refrigerante líquido puede haber una válvula 226 de condensado de eliminación de escarcha. La válvula 226 de condensado de eliminación de escarcha controla el flujo de refrigerante condensado desde el evaporador 204 hasta el receptor 202 de presión controlada durante el ciclo de eliminación de escarcha. La válvula 226 de condensado de eliminación de escarcha está normalmente cerrada durante el ciclo de refrigeración.

Durante el ciclo de eliminación de escarcha por gas caliente, el refrigerante líquido desde el receptor 202 de presión controlada fluye mediante la tubería 228 de eliminación de escarcha de refrigerante líquido hasta el evaporador 200'. Dentro de la tubería 228 de eliminación de escarcha de refrigerante líquido puede haber una válvula 230 de alimentación de evaporación de condensado de eliminación de escarcha. La válvula 230 de alimentación de evaporación de condensado de eliminación de escarcha controla el flujo de refrigerante líquido desde el receptor 202 de presión controlada hasta el evaporador 200' durante el ciclo de eliminación de escarcha, para evaporar el refrigerante líquido a un estado gaseoso. Durante el ciclo de eliminación de escarcha, el evaporador 200' funciona para enfriar el medio de intercambio de calor que fluye a través del evaporador 200'. Esto puede ayudar a enfriar el medio, lo que puede ayudar a ahorrar electricidad, al permitir que la refrigeración disminuya la temperatura del medio para otros condensadores en otras partes de la planta donde está funcionando el sistema de refrigeración. Es más, durante el ciclo de eliminación de escarcha por gas caliente, fluye de salida refrigerante gaseoso del evaporador 200' mediante la tubería 232 de SEA. Dentro de la tubería de SEA hay una válvula 234 de control de presión de evaporación de condensado de eliminación de escarcha. La válvula 234 de control de presión de evaporación de condensado de eliminación de escarcha regula la presión dentro del evaporador 200' durante el ciclo de eliminación de escarcha. La válvula 234 de control de presión de evaporación de condensado de eliminación de escarcha está normalmente cerrada durante el ciclo de refrigeración. La válvula 234 de control de presión de evaporación de condensado de eliminación de escarcha puede estar canalizada hasta la tubería 220 de SEA. En general, esta disposición no es tan eficiente. Es también opcional incluir un pequeño acumulador en la tubería 232 para proporcionar protección adicional frente al arrastre de líquido.

Extendida entre el receptor 202 de presión controlada y la tubería 232 de SEA hay una tubería 236 de succión de receptor de presión controlada. Dentro de la tubería 236 de succión de receptor de presión controlada hay una válvula 238 de control de presión de receptor de presión controlada. La válvula 238 de control de presión de receptor de presión controlada controla la presión dentro del receptor 202 de presión controlada. Consecuentemente, la presión dentro del receptor 202 de presión controlada puede controlarse mediante la válvula 238 de control de presión de receptor de presión controlada. Debe tenerse en cuenta que la tubería 236 de succión de receptor de presión controlada puede disponerse de modo que se extienda desde el receptor 202 de presión controlada hasta la tubería 220 de SEA, en lugar, o además, de la tubería 232 de SEA. En general, puede ser más eficiente que la tubería de receptor de presión controlada se extienda hasta la tubería 232 de SEA o hasta el puerto de economizador en un compresor de husillo, cuando se emplea como un compresor de etapa alta.

Se proporciona un conjunto 240 de control de nivel de líquido de receptor de presión controlada para monitorizar el nivel de refrigerante líquido en el receptor 202 de presión controlada. La información del conjunto 240 de control de nivel de líquido de receptor de presión controlada puede ser procesada por un ordenador y pueden ajustarse varias válvulas para mantener un nivel deseado. El nivel de refrigerante líquido dentro del conjunto 240 de control de nivel de líquido de receptor de presión controlada puede observarse y el nivel puede cambiarse como resultado de la conexión mediante la tubería 242 de líquido y la tubería 244 de gas. Tanto la tubería 242 de líquido como la tubería 244 de gas pueden incluir válvulas 246 para controlar el flujo.

En la parte inferior del receptor 202 de presión controlada puede proporcionarse una válvula 248 de drenaje de aceite opcional. La válvula 248 de drenaje de aceite opcional puede proporcionarse para retirar cualquier aceite acumulado del receptor 202 de presión controlada. A menudo queda aceite atrapado en el refrigerante y tiende a separarse del refrigerante líquido y hundirse hasta el fondo, porque es más pesado.

Puede proporcionarse un compresor como un compresor dedicado para cada SCE. Es más preferible, no obstante, que múltiples SCE alimenten un compresor o una disposición de compresor centralizada. Para un sistema industrial, una disposición de compresor centralizada es habitualmente más deseable.

El sistema condensador- evaporador puede proporcionar una reducción en la cantidad de refrigerante (tal como, por ejemplo, amoníaco) en un sistema de refrigeración industrial. Sistemas de refrigeración industrial incluyen aquellos que generalmente dependen de salas de máquinas centralizadas donde uno o más compresores proporcionan la compresión para múltiples evaporadores y un sistema de condensador centralizado. En tales sistemas, se transporta habitualmente refrigerante líquido desde un recipiente de almacenamiento hasta los múltiples evaporadores. Como resultado, a menudo se almacena una gran cantidad de líquido y se transporta hasta los diferentes evaporadores. Utilizando múltiples sistemas condensador- evaporador es posible que se pueda lograr una reducción en la cantidad de refrigerante de al menos aproximadamente un 85%. Se espera

que se puedan lograr mayores reducciones pero eso, por supuesto, depende del sistema de refrigeración industrial concreto. Para entender cómo se puede lograr una reducción en la cantidad de amoníaco en un sistema de refrigeración industrial, considérese que, durante el ciclo de refrigeración, el refrigerante cambia de un líquido a un gas al absorber calor de un medio (tal como aire, agua, alimento, etc.). Se aporta refrigerante líquido (tal como amoníaco) a un evaporador para evaporación. En muchos sistemas de refrigeración industrial, el refrigerante líquido está contenido en tanques centralizados, denominados receptores, acumuladores y refrigeradores intermedios, dependiendo de su función en el sistema. Este amoníaco líquido se bombea luego en una variedad de maneras hasta cada evaporador en la instalación, para refrigeración. Esto quiere decir que buena parte de las tuberías en estos sistemas industriales contienen amoníaco líquido. Igual que un vaso de agua contiene más moléculas de agua que un vaso que contiene vapor de agua, el amoníaco líquido en una tubería contiene habitualmente un 95% más de amoníaco, en una longitud dada de tubería, frente a una tubería con gas de amoníaco. El sistema condensador- evaporador reduce la necesidad de transportar grandes cantidades de refrigerante líquido por todo el sistema, al descentralizar el sistema de condensación empleando uno o más sistemas condensador- evaporador. Cada sistema condensador- evaporador puede contener un condensador que está generalmente dimensionado para la carga de evaporador correspondiente. Por ejemplo, para un evaporador de 35 kW (10 TRF) (120.000 BTU), el condensador puede estar dimensionado para, al menos, el equivalente de 35 kW (10 TRF). En sistemas de refrigeración industrial anteriores, para volver a convertir el gas evaporado a un líquido, para que pueda ser evaporado de nuevo, se comprime el gas por un compresor y se envía a uno o más condensadores centralizados o granjas de condensadores, donde se retira el calor del amoníaco, haciendo así que el amoníaco refrigerante se condense en un líquido. Este líquido se bombea luego hasta los diferentes evaporadores por todo el sistema refrigerante.

En un sistema que emplea el SCE, el gas de los evaporadores se comprime por los compresores y se envía de vuelta al SCE como gas a alta presión. Este gas es luego alimentado al condensador 200. Durante un ciclo de refrigeración, el condensador 200 (tal como un intercambiador de calor de placas y bastidor) tiene un medio de refrigeración que fluye a su través. El medio de refrigeración puede incluir agua, glicol, dióxido de carbono o cualquier medio de refrigeración aceptable. El gas de amoníaco a alta presión transfiere el calor que absorbió durante la compresión al medio de refrigeración, haciendo así que el amoníaco se condense en un líquido. Este líquido se alimenta luego al receptor 202 de presión controlada, el cual se mantiene a una presión menor que el condensador 200, de modo que el líquido pueda drenar fácilmente. La presión en el receptor de presión controlada es regulada por la válvula 238 en la tubería 236 de receptor de presión controlada. El nivel de líquido dentro del receptor 202 de presión controlada es monitorizado por un conjunto 240 central de nivel de líquido. Si el nivel de líquido sube demasiado o baja demasiado durante la refrigeración, la válvula 208 se abrirá, cerrará o modulará de manera acorde para mantener el nivel adecuado.

El receptor 202 de presión controlada actúa como un depósito que contiene el líquido que se va a alimentar al evaporador 204. Dado que el condensador 200 y el receptor 202 de presión controlada están dimensionados para cada evaporador 204, el refrigerante se condensa conforme se necesita. Debido a que el refrigerante se condensa en la proximidad del evaporador 204 conforme se necesita, hay una necesidad menor de transportar refrigerante líquido a lo largo de grandes distancias, permitiendo así la dramática reducción en carga de amoníaco global (por ejemplo, aproximadamente al menos un 85% en comparación con un sistema de refrigeración tradicional que tenga aproximadamente la misma capacidad de refrigeración). Conforme el evaporador 204 requiere más amoníaco, las válvulas 216 y 218 se abren para alimentar la cantidad de amoníaco correcta al evaporador 204, de modo que el amoníaco es evaporado antes de que el amoníaco deje el evaporador 204, de modo que no vuelve amoníaco líquido a la disposición de compresor. La válvula 222 cortará el flujo de amoníaco cuando la unidad esté apagada y/o sometándose a eliminación de escarcha.

El funcionamiento del sistema condensador- evaporador 106 puede explicarse en términos tanto del ciclo de refrigeración como del ciclo de eliminación de escarcha. Cuando el sistema condensador- evaporador 106 funciona en un ciclo de refrigeración, se puede alimentar refrigerante gaseoso a una presión de condensación mediante la tubería 206 de gas caliente, desde el sistema de compresor hasta el condensador 200. En este caso, la válvula 208 de control de flujo de ciclo de refrigeración está abierta y la válvula 209 de control de flujo de ciclo de eliminación de escarcha por gas caliente está cerrada. El refrigerante gaseoso entra al condensador 200 y se condensa en un refrigerante líquido. El condensador 200 puede utilizar cualquier medio de refrigeración adecuado, tal como agua o una solución de glicol, el cual es bombeado a través del condensador 200. Se entiende que el calor recuperado del medio de refrigeración puede ser recuperado y empleado en otra parte.

El refrigerante condensado fluye desde el condensador 200 hasta el receptor 202 de presión controlada mediante la tubería 210 de refrigerante condensado y la válvula 212 de control de flujo de drenaje de condensador. El refrigerante condensado se acumula dentro del receptor 202 de presión controlada y el nivel de refrigerante líquido puede ser determinado por el montaje 240 de control de nivel de líquido de receptor de presión controlada. El refrigerante líquido sale del receptor 202 de presión controlada mediante la tubería 214 de alimentación de evaporador y las válvulas 216 y 218 de alimentación de líquido de presión de control y entra al evaporador 204. El refrigerante líquido dentro del evaporador 204 se evapora y el refrigerante gaseoso se recupera del evaporador 204 mediante la tubería 220 de SEB y la válvula 222 de control de succión.

Es interesante darse cuenta de que, durante el ciclo de refrigeración, no hay necesidad de hacer funcionar el

evaporador en base a la sobrealimentación de líquido. Es decir, todo el líquido que entra al evaporador 204 puede emplearse para proporcionar refrigeración, como resultado de la evaporación a refrigerante gaseoso. Como resultado, se transfiere calor desde un medio a través del evaporador y al refrigerante líquido, haciendo que el refrigerante líquido se vuelva refrigerante gaseoso. El medio puede, esencialmente, ser cualquier tipo de medio que sea habitualmente enfriado. Medios ejemplares incluyen aire, agua, alimento, dióxido de carbono y/u otro refrigerante.

Una de las consecuencias de la refrigeración es la acumulación de escarcha y hielo sobre el evaporador. Por lo tanto, todos los serpentines que reciben refrigerante a temperaturas suficientemente bajas como para desarrollar escarcha y hielo, deberían pasar por un ciclo de eliminación de escarcha para mantener un serpentín limpio y eficiente. Hay generalmente cuatro métodos para eliminar escarcha y hielo sobre un serpentín. Estos métodos incluyen agua, electricidad, aire y gas caliente (tal como amoníaco a alta presión). El SCE trabajará con todos los métodos de eliminación de escarcha. El SCE está particularmente adaptado para eliminación de escarcha empleando la técnica de eliminación de escarcha por gas caliente.

Durante la eliminación de escarcha por gas caliente, el flujo de refrigerante gaseoso caliente a través del SCE puede revertirse, de modo que el evaporador es liberado de escarcha. El gas caliente puede ser alimentado al evaporador y condensado en refrigerante líquido. El refrigerante líquido resultante puede ser evaporado en el condensador. Este paso de evaporación puede denominarse como "evaporación local", dado que ocurre dentro del SCE. Como resultado, se puede evitar enviar refrigerante líquido a un recipiente centralizado, tal como un acumulador, para almacenamiento. El SCE puede de este modo proporcionar eliminación de escarcha por gas caliente de evaporadores sin la necesidad de utilizar almacenamiento de grandes cantidades de refrigerante líquido.

Durante la eliminación de escarcha por gas caliente, gas de amoníaco a alta presión, que normalmente va al condensador, se dirige en su lugar al interior de un evaporador. Este gas calentado se condensa en un líquido, calentando así el evaporador, haciendo que la temperatura interna del evaporador llegue a ser lo suficientemente caliente como para que el hielo en el exterior de los serpentines se derrita. Sistemas de refrigeración anteriores a menudo toman este líquido condensado y lo hacen fluir de regreso a través de tuberías hasta grandes tanques, donde es usado de nuevo para refrigeración. Un sistema de refrigeración que utilice el SCE, por el contrario, puede emplear el refrigerante condensado generado durante la eliminación de escarcha por gas caliente y evaporarlo de nuevo en un gas para eliminar el amoníaco líquido excedente en el sistema.

Durante un ciclo de eliminación de escarcha, se alimenta refrigerante gaseoso a una presión de condensación mediante la tubería 206 de gas caliente al condensador 204'. El refrigerante gaseoso fluye a través de la válvula 209 de control de flujo de eliminación de escarcha por gas caliente (la válvula 208 de control de ciclo de refrigeración está cerrada) y entra en la tubería 214 de alimentación de evaporador y a través de la válvula 218 de alimentación. El refrigerante gaseoso dentro del condensador 204' se condensa en refrigerante líquido (el cual consiguientemente derrite el hielo y la escarcha) y se recupera mediante la tubería 224 de recuperación de refrigerante líquido y la válvula 226 de condensado de eliminación de escarcha. Durante la eliminación de escarcha, la válvula 222 de control de succión puede estar cerrada. El refrigerante líquido fluye luego mediante la tubería 224 de recuperación de refrigerante líquido y entra en el receptor 202 de presión controlada. El refrigerante líquido fluye desde el receptor 202 de presión controlada mediante la tubería 228 de eliminación de escarcha de refrigerante líquido y a través de la válvula 230 de alimentación de evaporación de condensado de eliminación de escarcha y entra en el evaporador 200'. En este momento, la válvula 216 de alimentación de líquido de presión de control y la válvula 212 de control de flujo de drenaje de condensador están cerradas y la válvula 230 de alimentación de evaporación de condensado de eliminación de escarcha está abierta y puede estar modulando. Durante el ciclo de eliminación de escarcha, el refrigerante líquido dentro del evaporador 200' se evapora para formar refrigerante gaseoso y el refrigerante gaseoso se recupera mediante la tubería 232 de SEA. Es más, la válvula 234 de control de presión de evaporación de condensado de eliminación de escarcha está abierta y está modulando y la válvula 208 de control de flujo de ciclo de refrigeración está cerrada.

Se entiende que durante el ciclo de eliminación de escarcha por gas caliente el medio en el otro lado del condensador 204' está calentado y el medio en el otro lado del evaporador 200' está enfriado. La evaporación que ocurre durante el ciclo de eliminación de escarcha tiene un efecto adicional, ya que ayuda a enfriar el medio (tal como agua o agua y glicol) en el sistema de condensación, lo que ahorra electricidad, dado que reduce la presión de descarga de los compresores y reduce el flujo del medio de refrigeración del intercambiador de calor.

Debe apreciarse que el SCE podría utilizarse sin el ciclo de eliminación de escarcha por gas caliente. Los otros tipos de eliminación de escarcha pueden utilizarse con el SCE, incluida eliminación de escarcha por aire, eliminación de escarcha por agua o eliminación eléctrica de escarcha. Con respecto a las representaciones esquemáticas mostradas en las Figuras 2-4, alguien con experiencia normal entenderá cómo podría modificarse el sistema para suprimir la eliminación de escarcha por gas caliente y utilizar, en su lugar, eliminación de escarcha por aire, eliminación de escarcha por agua o eliminación eléctrica de escarcha.

El sistema de refrigeración de condensador descentralizado (SRCD) puede evitar de manera ventajosa el uso de un gran condensador centralizado o de una granja de condensadores. Además, el SRCD puede caracterizarse

por tener un compresor centralizado y condensadores descentralizados. El refrigerante gaseoso de regreso puede ser comprimido por el compresor y luego enviado a los sistemas condensador- evaporador. Compresores ejemplares incluyen compresores de una única etapa y multietapa. Tipos ejemplares de compresor que pueden emplearse incluyen compresores alternativos, compresores de husillo, compresores de paleta giratoria y compresores de espiral. En general, el refrigerante gaseoso regresa al compresor mediante el acumulador 122 o 126. Los acumuladores están generalmente dimensionados de modo que la velocidad de llegada del gas se reduce suficientemente como para que cualquier refrigerante líquido y atrapado en el refrigerante gaseoso se separe, de modo que no se lleve líquido al interior de la disposición 102 de compresor. Se pueden proporcionar uno o más acumuladores o refrigeradores intermedios. Un sistema 92 de monitorización de nivel puede proporcionarse para monitorizar la cantidad de refrigerante líquido en el acumulador. El refrigerante líquido excedente en un acumulador puede ser retirado o evaporado. Se conoce el sistema 92 de monitorización de nivel y puede proporcionarse como un contacto de flotador o una varilla de nivel de impedancia, que monitorice la cantidad de refrigerante en el acumulador. El refrigerante líquido excedente en el acumulador puede eliminarse por ebullición empleando, por ejemplo, calor eléctrico, gas caliente o evaporación mediante un intercambiador de calor.

Los tres sistemas de la técnica anterior para transportar líquido desde un condensador central hasta la evaporación descritos anteriormente (el sistema de bomba de líquido o de sobrealimentación de líquido, el sistema de expansión directa y el sistema de tambor de bombeo) habitualmente requieren grandes longitudes de tubería, que están llenas de refrigerante líquido (es decir, amoníaco), que es bombeado desde estos recipientes centralizados hasta cada evaporador. Estas largas tuberías de amoníaco líquido pueden ser eliminadas al descentralizar los condensadores. Alternativamente, un condensador puede estar dimensionado y configurado para un evaporador correspondiente. Pequeños condensadores y receptores de presión controlada pueden proporcionarse con cada evaporador. Para alimentar el amoníaco al evaporador, la descarga del compresor se canaliza hasta el cabezal que alimenta cada condensador. A efectos ilustrativos, una tubería de 100 pies (30 m) de longitud y 3 pulgadas (7,6 cm), llena de amoníaco líquido a -20°F (-29°C), que habitualmente sale de un tanque central y es bombeada hasta los diferentes evaporadores en una instalación de refrigeración con amoníaco industrial, contiene aproximadamente 208 lb (94 kg) de amoníaco. Para proporcionar una capacidad similar, el sistema de acuerdo a la invención requeriría una tubería de 5 pulgadas (12,7 cm) para proporcionar amoníaco a los diferentes SCE, pero esa tubería estaría llena de gas a alta presión, no de líquido. Por lo tanto, una sección de tubería de 100 pies (30 m) y 5 pulgadas (12,7 cm) a una temperatura de descarga de 85°F (29°C), contiene solo 7,7 lb (3,5 kg) de amoníaco. Esto da lugar a una reducción del 96,3% de amoníaco en la tubería principal que alimenta amoníaco a la planta. Aunque alguien que no esté versado en refrigeración podría pensar que este amoníaco sería insuficiente, debe tenerse en cuenta que el gas de descarga se mueve a una velocidad mucho mayor que el líquido y es importante también no olvidar que los sistemas de refrigeración estándar generalmente emplean sobrealimentación de líquido, donde solo el 25% del líquido es realmente evaporado, la mayoría regresa al tanque sin evaporar, de donde es emitido de nuevo.

Puede que los diámetros de recipientes acumuladores o refrigeradores intermedios no se reduzcan en el SRCD, en comparación con los sistemas tradicionales o anteriores descritos anteriormente, debido a que los diámetros se eligen a menudo en base a la velocidad del gas, para permitir que el líquido atrapado sea retirado de una corriente de gas. No obstante, en el SRCD, estos acumuladores o refrigeradores intermedios pueden estar vacíos o esencialmente sin ningún refrigerante líquido, a menos que el diseñador o el operario decidan emplear la capacidad de almacenamiento de estos recipientes como un depósito para refrigerante excedente. En sistemas tradicionales estos recipientes pueden normalmente contener hasta un 50% de su capacidad en amoníaco líquido, debido a los requisitos de altura neta positiva en aspiración de las bombas de amoníaco tradicionales. Por lo tanto, puede calcularse que en un sistema de 3,5 MW (1.000 TRF) habitual, el acumulador y el refrigerador intermedio podrían contener, aproximadamente, 20.926 lb (9.492 kg) de amoníaco si los niveles se mantuviesen en el nivel del 50% tradicional. En el SRCD, aparte de almacenamiento discrecional como se ha descrito anteriormente, el único líquido contenido en cualquier recipiente sería el líquido contenido en el receptor de presión controlada en cada SCE. Se ha calculado que estos recipientes, durante el funcionamiento normal en un sistema de 3,5 MW (1.000 TRF), probablemente contendrían una carga combinada de 953 lb (432 kg) de amoníaco. Esto es una reducción de aproximadamente el 95%.

Adicionalmente, grandes condensadores de evaporación centralizados contienen el 20% de su volumen en amoníaco líquido. Por ejemplo, un condensador de evaporación de refrigeración habitual de 3,5 MW (1.000 TRF), que se vende actualmente por un fabricante de condensadores de evaporación bien conocido, tiene una carga de amoníaco de aproximadamente 2.122 lb (0,963 kg) de amoníaco, de acuerdo al fabricante. Al emplear intercambiadores de calor de placas y bastidor en el SCE, la carga total de amoníaco en los diferentes condensadores en un sistema SRCD de 3,5 MW (1.000 TRF), se calcula en 124 lb (56,2 kg). Esta es una reducción en el sistema de condensación de aproximadamente el 94%.

Los evaporadores ubicados en cada SCE contienen aproximadamente el 30% de su volumen en líquido si el SCE se hace funcionar como expansión directa, el cual es el método preferido para reducir la carga de refrigerante total en el SRCD. No obstante, el SCE puede ajustarse para hacer funcionar el evaporador incluido como un tipo de alimentación del evaporador por inundación, recirculación de líquido o tambor de bombeo. Estos métodos alternativos podrían cambiar el diseño del SCE para acomodar el método empleado, pero el concepto

general de condensar el gas de descarga a alta presión en el SCE no cambiaría, así que el diseño básico del sistema SRCD no cambiaría. No obstante, si el SCE se fuese a configurar para estos otros métodos, la cantidad de amoníaco en cada SCE sería mayor, pero no cambiaría la cantidad de amoníaco en el resto del sistema SRCD.

- 5 Dado que cada sistema de refrigeración industrial es único, para requisitos de refrigeración particulares, es difícil comparar sistemas. No obstante, en base a los ahorros en carga de refrigerante descritos, la reducción promedio de carga de refrigerante en el SRCD puede ser, aproximadamente, del 90%. Esto es especialmente importante cuando el refrigerante es amoníaco. La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés) ha clasificado al amoníaco como un producto químico altamente peligroso y, como tal, ha determinado que cualquier sistema de refrigeración con 10.000 lb (4.500 kg) de amoníaco esté sometido a Manejo de Seguridad en Procesos (MSP) conforme a la norma 29 1910.119 del Código de Reglamentos Federales. Los programas de MSP son caros y complejos. Históricamente, la industria de refrigeración con amoníaco no ha estado interesada en el gasto de amoníaco, ya que el amoníaco no es caro. No obstante, a la vista de estas regulaciones y dado que cualquier instalación es más segura con menos amoníaco, la reducción de amoníaco en el SRCD es importante. Instalaciones que emplean el SRCD como su sistema de refrigeración con amoníaco tendrán, probablemente, un gasto de amoníaco lo suficientemente pequeño como para estar por debajo del umbral de 10.000 lb (4.500 kg) para el MSP de OSHA, además de tener una planta más segura.

Adicionalmente, dado que las principales tuberías que conectan los diferentes SCE (1) y el acumulador (o acumuladores) y los refrigeradores intermedios tienen tan poco amoníaco, en caso de una liberación catastrófica debido a una rotura de la tubería, la cantidad de amoníaco liberada se reduce, obviamente, en gran medida. Esta reducción no es solo significativa en términos de seguridad de los empleados, sino que también es importante para las comunidades y el medio ambiente circundantes. Dado que el amoníaco es un refrigerante natural sin consecuencias de gas de efecto invernadero y con mayor eficacia cuando se le compara con hidroclorofluorocarburos sintéticos y otros refrigerantes, cualquier aumento en seguridad es ventajoso.

25 Los materiales de construcción deberían ser materiales generalmente aceptados conforme a la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos (ASME, por sus siglas en inglés), Sociedad Estadounidense de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE, por sus siglas en inglés), Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI, por sus siglas en inglés) e Instituto Internacional de Refrigeración con Amoníaco (IIAR, por sus siglas en inglés). Las válvulas, intercambiadores de calor, recipientes, controles, tuberías, conexiones, procedimientos de soldadura y otros componentes deberían ser conformes a esos estándares generalmente aceptados. Un intercambiador de calor del tipo de placas y bastidor es ventajoso para el intercambiador de calor debido a que un intercambiador de calor de placas y bastidor generalmente emplea la menor cantidad de refrigerante, comparado con otros tipos de intercambiador de calor. Debería tenerse en cuenta que pueden emplearse diferentes intercambiadores de calor, incluidos aquellos habitualmente caracterizados como intercambiadores de calor de tubos y carcasa, intercambiadores de calor de placas y carcasa, intercambiadores de doble tubería y multitubo, intercambiadores de calor de placa en espiral, intercambiadores de calor de placas y aletas soldadas, intercambiadores de calor de placas y aletas de superficie, intercambiadores de calor de tubos en bayoneta e intercambiadores de calor de tubo en espiral. Puede emplearse un medio de condensación en el intercambiador de calor. El medio de condensación puede ser agua o una solución acuosa, tal como una solución de agua y glicol o salmuera, o cualquier medio de refrigeración incluido dióxido de carbono, glicol u otros refrigerantes. El evaporador puede ser cualquier estilo de evaporador que enfríe/congele cualquier material o aire.

Aunque se entiende que sistemas de refrigeración industrial diferentes rinden de manera diferente, hemos calculado que un sistema de 3,5 MW (1.000 TRF) teórico que emplee recirculación de líquido, según está caracterizado generalmente para el sistema mostrado en la Figura 1, requeriría aproximadamente 31.500 lb (14.300 kg) de amoníaco. Por el contrario, estimamos que un sistema de refrigeración de acuerdo a la presente invención, teniendo la misma capacidad de 3,5 MW (1.000 TRF), requeriría aproximadamente 4.000 lb (1.800 kg) de amoníaco. Esto equivale a una reducción de aproximadamente el 87%. Dependiendo de una serie de factores, incluida la refrigeración de aceite, etc., esta cifra puede fácilmente superar el 90% de reducción en la cantidad de amoníaco.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de refrigeración que comprende:
 - (a) una disposición (102) de compresor para comprimir refrigerante gaseoso desde una primera presión a una segunda presión, en donde la segunda presión comprende una presión de condensación;
- 5 (b) una pluralidad de sistemas condensador-evaporador (104), en donde cada sistema condensador-evaporador (104) comprende:
 - (1) un condensador (200) para recibir refrigerante gaseoso a una presión de condensación y condensar el refrigerante en un refrigerante líquido;
 - (2) un receptor (202) de presión controlada para contener el refrigerante líquido del condensador (200); y
- 10 (3) un evaporador (204) para evaporar refrigerante líquido del receptor (202) de presión controlada para formar refrigerante gaseoso;
- (c) una primera tubería (118) de alimentación de refrigerante gaseoso para alimentar el refrigerante gaseoso a la segunda presión desde la disposición (102) de compresor hasta la pluralidad de sistemas condensador-evaporador (104); y
- 15 (d) una segunda tubería (120, 124) de alimentación de refrigerante gaseoso para alimentar refrigerante gaseoso desde la pluralidad de sistemas condensador-evaporador (104) hasta la disposición (102) de compresor.
2. Un sistema de refrigeración de acuerdo a la reivindicación 1, en donde la disposición (102) de compresor comprende un compresor (110) de primera etapa y un compresor (112) de segunda etapa, dispuestos en serie.
3. Un sistema de refrigeración de acuerdo a la reivindicación 2, en donde la disposición (102) de compresor comprende un refrigerador intermedio (114) proporcionado entre el compresor (110) de primera etapa y el compresor (112) de segunda etapa.
- 20 4. Un sistema de refrigeración de acuerdo a la reivindicación 2, en donde al menos uno de la pluralidad de sistemas condensador-evaporador (104) es un primer sistema condensador-evaporador (106) y tiene un evaporador que funciona a una primera temperatura y al menos otro de la pluralidad de sistemas condensador-evaporador (104) es un segundo sistema condensador-evaporador (108) y tiene un evaporador que funciona a una segunda temperatura, en donde la primera temperatura es diferente de la segunda temperatura.
- 25 5. Un sistema de refrigeración de acuerdo a la reivindicación 4, en donde la primera temperatura es al menos 10°C menor que la segunda temperatura.
6. Un sistema de refrigeración de acuerdo a la reivindicación 4, en donde el primer sistema condensador-evaporador (106) está construido para devolver refrigerante gaseoso al compresor (110) de primera etapa y el segundo sistema condensador-evaporador (108) está construido para devolver refrigerante gaseoso al compresor (112) de segunda etapa.
- 30 7. Un sistema de refrigeración de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde el refrigerante comprende amoníaco.
8. Un sistema de refrigeración de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde la presión de condensación es una presión mayor que 0,69 MPa.
9. Un sistema de refrigeración de acuerdo a la reivindicación 1, en donde al menos uno de los sistemas condensador-evaporador (104) comprende un condensador (200) que es un condensador de placas y bastidor.
10. Un proceso para alimentar múltiples sistemas condensador-evaporador (104) que comprende:
 - (a) comprimir refrigerante gaseoso a una presión de condensación para formar un refrigerante gaseoso caliente;
 - (b) alimentar el refrigerante gaseoso caliente a una pluralidad de sistemas condensador-evaporador (104), en donde cada sistema condensador-evaporador (104) comprende:
 - (1) un condensador (200) para recibir el refrigerante gaseoso caliente y condensar el refrigerante gaseoso caliente en un refrigerante líquido;
 - (2) un receptor (202) de presión controlada para contener el refrigerante líquido; y
 - (3) un evaporador (204) para evaporar el refrigerante líquido del receptor (202) de presión controlada para formar refrigerante gaseoso; y
- 45

(c) alimentar el refrigerante gaseoso desde la pluralidad de sistemas condensador- evaporador (104) hasta la disposición (102) de compresor construida para comprimir el refrigerante gaseoso a una presión de condensación.

11. Un proceso de acuerdo a la reivindicación 10, en donde el condensador (200) en el sistema condensador- evaporador (104) comprende un intercambiador de calor de placas y bastidor.

5 **12.** Un proceso de acuerdo a la reivindicación 10, en donde al menos uno de los sistemas condensador- evaporador (104) funciona para proporcionar refrigeración como resultado de evaporar refrigerante líquido en un evaporador (204).

13. Un proceso de acuerdo a la reivindicación 10, en donde al menos uno de los sistemas condensador- evaporador (104) funciona en un ciclo de eliminación de escarcha por gas caliente, de modo que se condensa refrigerante gaseoso en el evaporador (204).

FIG. 1

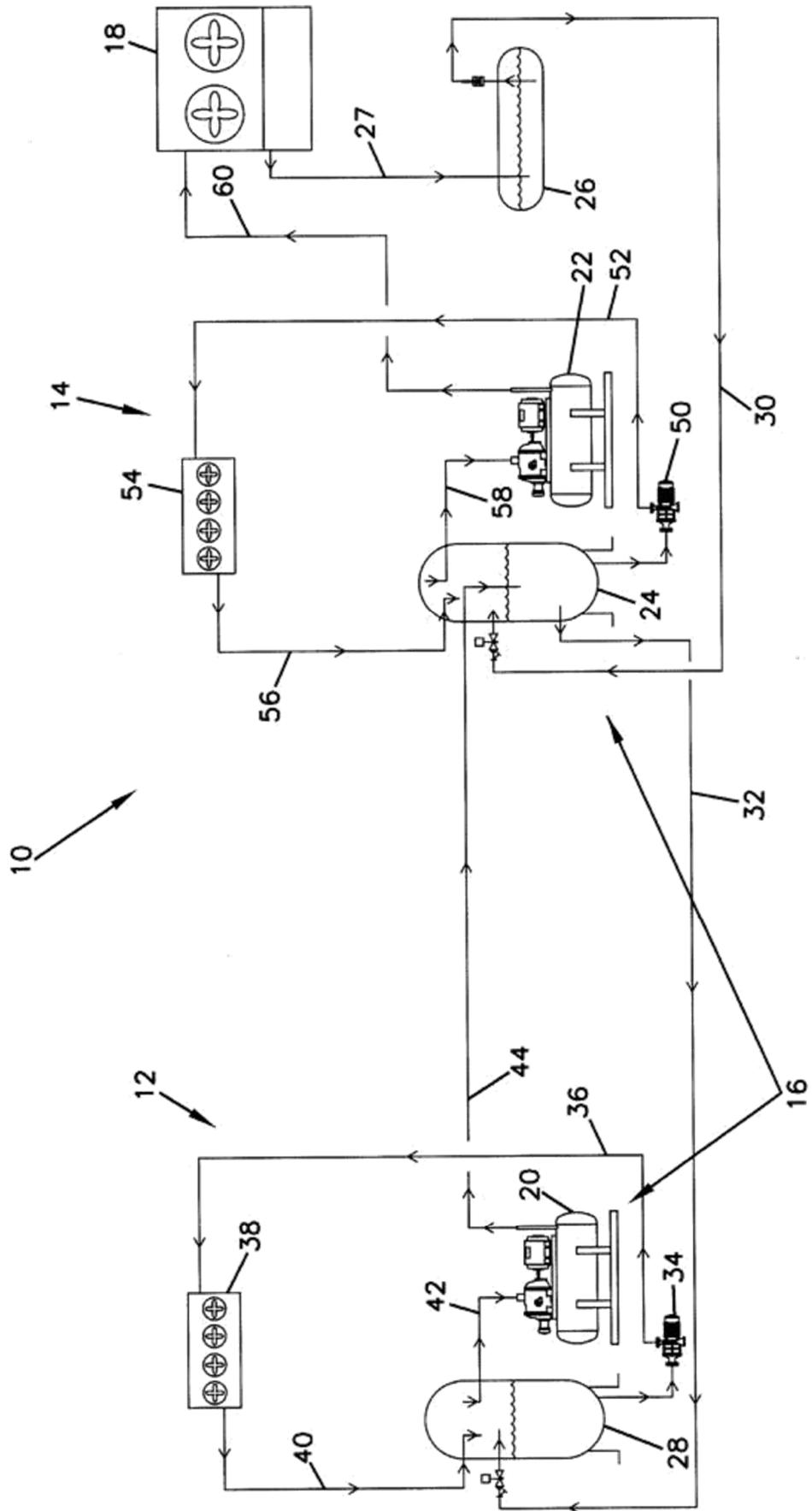


FIG. 2

