

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 725 613**

51 Int. Cl.:

F25J 1/00 (2006.01)

F25J 1/02 (2006.01)

B63B 25/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.09.2014 PCT/FR2014/052258**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.03.2015 WO15036708**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2014 E 14784279 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019 EP 3044527**

54 Título: **Dispositivo de recuperación de vapores procedentes de un depósito criogénico**

30 Prioridad:

12.09.2013 GB 201316227
25.06.2014 FR 1455931

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.09.2019

73 Titular/es:

CRYOSTAR SAS (100.0%)
2 Rue de l'Industrie, ZI BP 48
68220 Hesingue, FR

72 Inventor/es:

RAGOT, MATHIAS

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 725 613 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

Dispositivo de recuperación de vapores procedentes de un depósito criogénico

La presente invención se refiere a un dispositivo de recuperación de gas de evaporación procedente de un depósito criogénico.

5 El ámbito de la presente invención es por ejemplo el transporte de líquidos criogénicos. En el transcurso de un transporte, un líquido criogénico se coloca en un depósito aislado térmicamente pero no obstante del buen aislamiento térmico realizado, se producen intercambios de calor entre el interior del depósito y el exterior. Estos intercambios conducen a un aporte de energía desde el exterior hacia el interior del depósito y conducen a una vaporización de una parte del líquido que se encuentra en el depósito. Esta vaporización tiende a hacer subir la presión en el depósito en cuestión. Para limitar este aumento de presión, el líquido vaporizado es extraído en forma de gas fuera del depósito.

10 Según la naturaleza del líquido criogénico (y por consiguiente del gas correspondiente) el gas de evaporación extraído del depósito puede ser tratado de diversas maneras. Se puede así por ejemplo considerar descargarlo simplemente en la atmósfera. El gas de evaporación recuperado puede también ser tratado para ser licuado de nuevo y reintroducido entonces en el depósito.

15 En el caso en que el líquido criogénico pueda ser utilizado como un combustible, por ejemplo, cuando se trata de LNG sigla inglesa para Liquid Natural Gas, o sea en francés Gaz Naturel Liquéfié), entonces el gas de evaporación recuperado puede ser utilizado para la propulsión del vehículo de transporte, generalmente un buque (metanero).

20 La presente invención se refiere aquí más particularmente a un sistema de recuperación de gas de evaporación de líquido criogénico que permite en función de las necesidades alimentar un motor de gas a alta presión y/o licuar de nuevo este gas de evaporación recuperado. Para la alimentación de un motor que funciona con gas natural, generalmente está previsto un compresor de mediana/alta presión que lleve el gas natural a presiones del orden de 10 a 300 bares (es decir de 1 a 30 MPa). Según la velocidad del buque, las necesidades en gas del motor varían y la totalidad o parte del gas de evaporación recuperado se comprime para alimentar el motor o bien es enviado a un dispositivo que permita su nueva licuefacción.

25 El gas de evaporación que va a un dispositivo de nueva licuefacción, se encuentra clásicamente a una presión de al menos 4 bares (o sea 0,4 MPa) y a una temperatura del orden de -100 a +40°C. Como se ha mencionado más arriba, después de la nueva licuefacción, el líquido obtenido vuelve al depósito de líquido criogénico.

30 El documento WO-2009/126604 describe un sitio de almacenado y de regasificación de gas natural licuado (GNL) dotado de una unidad de relicuefacción en la cual los vapores de evaporación procedentes de depósitos de almacenado son licuados de nuevo y reciclados en los depósitos de almacenado del GNL, con el fin de controlar la presión del depósito y el índice de Wobbe. De preferencia, el GNL frío se utiliza para la nueva licuación y una flexibilidad operacional se obtiene alimentado una parte del gas de evaporación presurizado a un colector de gas combustible y/o para ser recondensado por el GNL emitido.

35 El documento WO-2007/117148 ilustra un procedimiento y un aparato que permite precalentar un flujo de gas natural licuado de evaporación que sale de un depósito de un sistema de relicuefacción antes de su compresión. El procedimiento consiste en intercambiar térmicamente el flujo de gas de evaporación en un primer intercambiador térmico con un flujo de un segundo flujo de enfriamiento que presenta una temperatura más elevada que el flujo de gas de evaporación, siendo el segundo flujo de enfriamiento obtenido por una división selectiva de un primer flujo de enfriamiento en este segundo flujo de enfriamiento y en un tercer flujo de enfriamiento, siendo este último inyectado en un primer paso de enfriamiento de una caja fría del sistema de relicuefacción. El gas de evaporación alcanza así temperaturas casi-ambientales antes de su compresión y el frío procedente del gas de evaporación es sustancialmente transferido al sistema de relicuefacción. Antes de la etapa de compresión, para precalentar el gas de evaporación a temperaturas sustancialmente ambiente, se intercambia térmicamente el gas de evaporación frío con el flujo de enfriamiento, el cual presenta una temperatura superior a la del gas de evaporación antes del intercambio térmico.

40 La presente invención tiene así por objeto proporcionar un dispositivo de recuperación de gas de evaporación de líquido criogénico destinado a alimentar, por una parte, una unidad de compresión para un motor y, por otra parte, un sistema de relicuefacción, presentando el indicado dispositivo de recuperación de gas de evaporación un consumo energético reducido.

45 Ventajosamente, el dispositivo propuesto permitirá evitar cualquier contaminación del gas que alimenta la unidad de compresión y destinado a un motor. De preferencia, este dispositivo será de concepción simple y un precio de coste limitado.

50 A este respecto, la presente invención propone un dispositivo de recuperación de gas de evaporación procedente de un depósito criogénico que comprende:

55

- una unidad de compresión que presenta varias etapas de compresión, siendo la indicada unidad alimentada con gas a partir del depósito criogénico y proporcionando gas a una presión de alimentación del motor,
- un sistema de relicuefacción que presenta una salida de líquido hacia el depósito criogénico,
- un intercambiador situado entre el depósito criogénico y la unidad de compresión para enfriar el gas antes de su entrada en el sistema de licuefacción y por ello recalentar el gas de evaporación procedente del depósito antes de su entrada en la unidad de compresión.

Según la invención, el gas de evaporación procedente del depósito criogénico es recalentado mediante gas comprimido en el seno de la unidad de compresión a una presión inferior o igual a la presión de alimentación de motor, y el sistema de relicuefacción es alimentado por gas comprimido dentro de la unidad de compresión a una presión inferior o igual a la presión de alimentación del motor, eventualmente refrigerado por el gas de evaporación que alimenta la unidad de compresión.

Esta configuración se muestra particularmente ventajosa en términos de consumo energético. De forma bastante original, cuando la tecnología de la unidad de compresión lo permite, se puede extraer una parte del gas de evaporación comprimido, antes de que alcance su presión nominal (correspondiente a la presión de alimentación del motor) para alimentar el sistema de relicuefacción. Además, este gas comprimido es enfriado por el gas de evaporación que alimenta la unidad de compresión. Esto es favorable, por una parte, pues es preferible recalentar el gas de evaporación antes de que entre en la unidad de compresión, y, por otra parte, es también preferible enfriar el gas que entra en el sistema de relicuefacción.

Para un mejor control de la presión y de la temperatura a la entrada del sistema de relicuefacción, se ha propuesto que el dispositivo de recuperación de gas de evaporación sea tal que la unidad de compresión comprenda una entrada, una primera salida a la presión de alimentación del motor y una segunda salida a una presión intermedia, y que la segunda salida esté conectada, por una parte, con el intercambiador y, por otra parte, con una válvula de tres vías, presentando la indicada válvula de tres vías una entrada conectada directamente con la segunda salida, una entrada alimentada mediante gas procedente de la segunda salida después de su paso por el intercambiador y una salida hacia el sistema de relicuefacción.

Para permitir reducir la presión (y la temperatura) antes de la entrada en el sistema de licuefacción, una válvula de expansión se encuentra ventajosamente dispuesta río arriba del sistema de relicuefacción. Cuando el dispositivo está también equipado con una válvula de tres vías, la válvula de expansión puede encontrarse bien sea río abajo del conjunto formado por el intercambiador y la válvula de tres vías, pero se encuentra de preferencia río arriba de este conjunto para limitar el riesgo de tener líquido dentro del intercambiador.

Para limitar los riesgos de contaminación del gas de evaporación que es a continuación relicuado, está previsto ventajosamente que la unidad de compresión no sea lubricada. En el caso contrario, esta unidad de compresión comprende ventajosamente al menos una etapa de compresión no lubricada río arriba de al menos una etapa de compresión lubricada. Una salida a una presión intermedia río arriba de las etapas de compresión lubricadas puede entonces ser considerada. También es posible considerar la instalación de un conjunto de tratamiento de gas (por ejemplo, un filtro coalescente o de carbones activados) para evitar, o cuando menos limitar, el arrastre de aceite al sistema de relicuefacción.

En una forma de realización, el dispositivo de recuperación de gas de evaporación según la presente invención es tal que el sistema de relicuefacción comprende un bucle cerrado de fluido refrigerante que alimenta al menos un intercambiador de calor para refrigerar el gas de evaporación que entra en el sistema de relicuefacción.

En esta forma de realización, un solo intercambiador puede ser utilizado para realizar, por una parte, el recalentamiento del gas de evaporación procedente del depósito antes de su entrada en la unidad de compresión y, por otra parte, el enfriamiento del gas de evaporación que entra en el sistema de relicuefacción que utiliza el bucle cerrado de fluido refrigerante.

Cuando un bucle cerrado de fluido refrigerante está previsto, éste contiene, por ejemplo, esencialmente nitrógeno.

La presente invención se refiere igualmente a:

- un conjunto que comprende al menos un depósito criogénico, un motor que utiliza gas natural a mediana o alta presión como combustible y un dispositivo de recuperación de gas de evaporación procedente de los indicados depósitos criogénicos, caracterizado por que el dispositivo de recuperación de gas de evaporación es un dispositivo de recuperación de gas de evaporación tal como se ha descrito anteriormente, y
- un buque para el transporte de gas natural licuado, caracterizado por que comprende un dispositivo de recuperación de gas de evaporación tal como se ha descrito anteriormente.

Detalles y ventajas de la presente invención aparecerán mejor con la descripción que sigue, realizada con referencia al dibujo esquemático adjunto en el cual:

La figura 1 ilustra esquemáticamente una primera forma de realización de un dispositivo de recuperación de gas de evaporación procedente de un depósito criogénico,

La figura 2 es una vista similar a la figura 1 para una primera variante de realización, y

5 La figura 3 es una vista similar a las de las figuras 1 y 2 de una segunda variante de realización. Sin embargo, esta variante de realización no muestra una variante de realización de la invención.

10 La descripción que sigue está hecha haciendo referencia a un buque a bordo del cual se encuentra al menos un depósito 2 de líquido criogénico. Resulta habitual en un buque disponer de varios depósitos o bien un depósito tabicado para evitar particularmente problemas de cabeceo. Un solo depósito se considerará aquí, pero es evidente para el experto en la materia aplicar la enseñanza de este documento con varios depósitos. Se supone en lo que sigue que se trata de LNG (sigla inglesa para Liquid Natural Gas), es decir gas natural licuado. El buque comprende entonces al menos un motor (no ilustrado) que funciona utilizando gas natural comprimido como combustible.

15 Para alimentar el motor con gas natural comprimido, el gas de evaporación de LNG es recuperado en el depósito 2, comprimido en una unidad de compresión 4 para ser enviado por un conducto de alimentación 6 hacia el motor donde será entonces utilizado como combustible. Este gas de evaporación es corrientemente designado por la sigla inglesa BOG (para Boil Off Gas). Proviene de los intercambios de calor que son inevitables, sea cual fuere el aislamiento del depósito 2, entre el LNG almacenado a temperaturas generalmente del orden de los -160° y el exterior.

20 Un conducto 8 de gas de evaporación conecta así una parte alta del depósito 2 con una entrada de la unidad de compresión 4. Un intercambiador 10 está dispuesto en este conducto río arriba de la unidad de compresión 4. Permite aquí recalentar el gas de evaporación frío procedente del depósito 2 antes de su introducción en la unidad de compresión 4.

25 La unidad de compresión 4 comprende generalmente varias etapas de compresión pues conviene tener una presión de alimentación para el motor que, según el motor, esté generalmente comprendida entre 10 y 300 bares (o sea entre 1 y 30 MPa). Las primeras etapas de compresión están representadas esquemáticamente por una primera etapa 12 mientras que las últimas etapas están representadas esquemáticamente en las figuras únicamente por una segunda etapa 14. El conducto de alimentación 6 está conectado con la salida de la segunda etapa 14 en las configuraciones ilustradas en el dibujo. De forma clásica, un enfriamiento del gas puede estar previsto después de cada etapa de la unidad de compresión. Los intercambiadores correspondientes, llamados clásicamente "intercoolers" o "aftercoolers" no están ilustrados en el dibujo.

30 La unidad de compresión 4 presenta en las formas de realización ilustradas una salida intermedia que suministra gas de evaporación a una presión intermedia inferior a la presión de alimentación del motor río arriba de la segunda etapa 14. De preferencia, para evitar todo riesgo de contaminación del gas que va a ser relicuado, cuando la unidad de compresión 4 presenta etapas de compresión lubricadas y etapas de compresión no lubricadas, esta salida intermedia se realiza río arriba de las etapas de compresión lubricadas, es decir antes de que el gas de evaporación corra el riesgo de entrar eventualmente en contacto con el lubricante.

35 La salida intermedia alimenta entonces un conducto 16 que se extiende de la unidad de compresión 4, y más precisamente de su salida intermedia, hasta una válvula de tres vías 18. Una entrada de la válvula de tres vías 18 es alimentada directamente por el conducto 16 a partir de la salida intermedia de la unidad de compresión 4. Este conducto 16 presenta río arriba de la válvula tres vías 18 una derivación que forma un ramal 19. Este último parte por consiguiente del conducto 16, alimenta el intercambiador 10 a contracorriente del gas de evaporación frío procedente del depósito 2 con el fin de recalentarlo, luego acaba por una conexión con una segunda entrada de la válvula de tres vías 18. Una salida de la válvula de tres vías 18 alimenta entonces un sistema de relicuefacción 20. De preferencia, una válvula 22 está prevista río abajo de la válvula de tres vías 18 y río arriba del sistema de relicuefacción 20. Se puede, no obstante, igualmente considerar disponer la válvula 22 río arriba de la válvula de tres vías 18, es decir en el conducto 16, directamente a la salida intermedia de la unidad de compresión 4 por ejemplo. Esta válvula 22, en sus diversas posiciones, permite ajustar la presión del gas de evaporación que entra en el sistema de relicuefacción 20 reduciéndola. En el transcurso de esta reducción de presión del gas de evaporación, la temperatura de este último disminuye igualmente.

50 El sistema de relicuefacción 20 es de un tipo conocido por el experto en la materia. Funciona por ejemplo según el ciclo de Brayton y comprende un bucle cerrado de nitrógeno 24. Este último comprende de forma clásica un primer intercambiador 26 y un segundo intercambiador 28 que permite un intercambio térmico entre el nitrógeno y el gas de evaporación, una turbina 30, un compresor 32 y un tercer intercambiador 34 para realizar un intercambio térmico en el nitrógeno del bucle cerrado de nitrógeno 24.

55 El gas de evaporación enfriado y licuado en el primer intercambiador 26 y en el segundo intercambiador 28 es generalmente directamente reenviado hacia el depósito 2 gracias a un conducto 29. Cuando el gas de evaporación contiene una gran cantidad de gas inerte (principalmente nitrógeno), es interesante licuarlo y enviarlo por mediación de un conducto 41 para que pase por un separador 36 que opera a una presión que puede ser inferior ligeramente a la presión dentro de la unidad de relicuefacción 20. La parte baja del separador presenta una salida que permite

alimentar un conducto de retorno 38 hacia el depósito 2, por mediación eventualmente de una bomba 40. La parte alta del separador 36 permite la evacuación de los gases inertes gracias a un conducto de desgasificado 42 controlado por una válvula o bien juntar el gas de evaporación de procedencia directa del depósito 2 reinyectándose por un conducto de inyección 44 en el conducto 8.

- 5 La variante de realización de la figura 2 solo prevé un intercambiador 50 en lugar del primer intercambiador 26 y del segundo intercambiador 28 del sistema de relicuefacción 20 de la figura 1.

10 En la figura 3, se ha realizado dentro de un mismo intercambiador 60, por una parte, los intercambios entre el gas de evaporación procedente directamente del depósito 2 y el gas de evaporación comprimido a una presión intermedia y, por otra parte, los intercambios en el sistema de relicuefacción entre el fluido refrigerante (nitrógeno) y el gas de evaporación a licuar. En esta variante de realización, está previsto hacer pasar todo el flujo que pasa por el conducto 16 procedente de la salida intermedia de la unidad de compresión 4 por el intercambiador 60. La forma de realización representada no comprende por consiguiente válvula detres vías, pero es evidente para el experto en la materia que dicha válvula podría igualmente estar prevista en este modo de realización.

15 En un buque que transporta líquido criogénico, la cantidad de gas de evaporación resultante de los intercambios térmicos entre el(los) depósito(s) y el exterior es sustancialmente constante. Por el contrario, el consumo de los motores varía. La cantidad de gas de evaporación no utilizada por los motores es entonces de preferencia relicuada. Los dispositivos de recuperación de gas de evaporación descritos anteriormente permiten adaptar la producción de gas a alta presión para la alimentación de los motores y la relicuefacción del gas de evaporación no utilizado por el(los) motor(es).

20 Se propone aquí "extraer" una cantidad de gas de evaporación a una presión intermedia en una unidad de compresión que alimenta el(los) motor(es). El intercambio térmico de realizar entre el gas de evaporación de procedencia directa del depósito y el gas de evaporación a una presión intermedia permite optimizar el consumo energético del dispositivo de recuperación de gas de evaporación. En la forma de realización ilustrada, se utilizada una válvula de expansión 22 situada río arriba o río abajo del intercambio térmico con el fin de optimizar las condiciones depresión en las cuales el gas de evaporación entra en el sistema de relicuefacción 20. La presencia
25 eventual de una válvula de tres vías, según las características del gas de evaporación a presión intermedia, permite controlar mejor la temperatura del gas de evaporación antes de su entrada en el sistema de relicuefacción.

30 Las variantes ilustradas anteriormente permiten así una optimización del consumo energético, por una parte, para comprimir el gas de evaporación y alimentar el(los) motor(es) y, por otra parte, relicuar el gas de evaporación no utilizado por el(los) motor(es).

Como se ha ilustrado por las variantes de realización, la construcción es relativamente modular y se puede limitar el número de intercambiadores necesarios. Las soluciones propuestas aquí permiten por consiguiente una adaptación a diversas configuraciones encontradas a bordo del buque, o bien a nivel de instalación de recuperación de LNG o de otro líquido criogénico.

35 La presente invención no se limita a las formas de realización descritas anteriormente y a las otras variantes mencionadas. La misma se refiere igualmente a cualquier forma de realización al alcance del experto en la materia dentro del marco de las reivindicaciones dadas a continuación.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de recuperación de gas de evaporación procedente de un depósito (2) criogénico que comprende:

5 - una unidad de compresión (4) que presenta varias etapas de compresión, comprendiendo la indicada unidad una alimentación de gas a partir del depósito (2) criogénico y una salida de gas a una presión de alimentación de motor,

- un sistema de relicuefacción (20) que presenta una salida de líquido hacia el depósito (2) criogénico,

- un intercambiador (10) situado entre el depósito (2) criogénico y la unidad de compresión (4) para enfriar el gas antes de su entrada en el sistema de licuefacción y por ello recalentar el gas de evaporación procedente del depósito (2) antes de su entrada en la unidad de compresión (4),

10 - medios para recalentar el gas de evaporación procedente del depósito (2) criogénico con la ayuda de gas comprimido dentro de la unidad de compresión (4) a una presión inferior o igual a la presión de alimentación de motor, y

15 - medios para alimentar el sistema de relicuefacción (20) por gas comprimido dentro de la unidad de compresión (4) a una presión inferior o igual a la presión de alimentación del motor, eventualmente refrigerado por el gas de evaporación que alimenta la unidad de compresión (4),

la unidad de compresión (4) que comprende una entrada, una primera salida a la presión de alimentación de motor y una segunda salida a una presión intermedia, y

20 caracterizado por que la segunda salida está conectada, por una parte, con el intercambiador (10) y, por otra parte, con una válvula de tres vías (18) presentando la indicada válvula de tres vías (18) una entrada conectada directamente con la segunda salida, una entrada alimentada por gas procedente de la segunda salida después de su paso por el intercambiador (10) y una salida hacia el sistema de relicuefacción (20).

2. Dispositivo de recuperación de gas de evaporación según la reivindicación 1, caracterizado por que una válvula de expansión (22) está dispuesta río arriba del sistema de relicuefacción (20).

25 3. Dispositivo de recuperación de gas de evaporación según la reivindicación 2, caracterizado por que la válvula de expansión (22) está dispuesta río abajo de un conjunto formado por el intercambiador (10) y la válvula de tres vías (18).

30 4. Conjunto que comprende al menos un depósito criogénico, un motor que utiliza gas natural a alta presión como combustible y un dispositivo de recuperación de gas de evaporación procedente de los indicados depósitos criogénicos, caracterizado por que el dispositivo de recuperación de gas de evaporación es un dispositivo de recuperación de gas de evaporación según una de las reivindicaciones 1 a 3.

5. Buque para el transporte de gas natural licuado, caracterizado por que comprende un dispositivo de recuperación de gas de evaporación según una de las reivindicaciones 1 a 3.

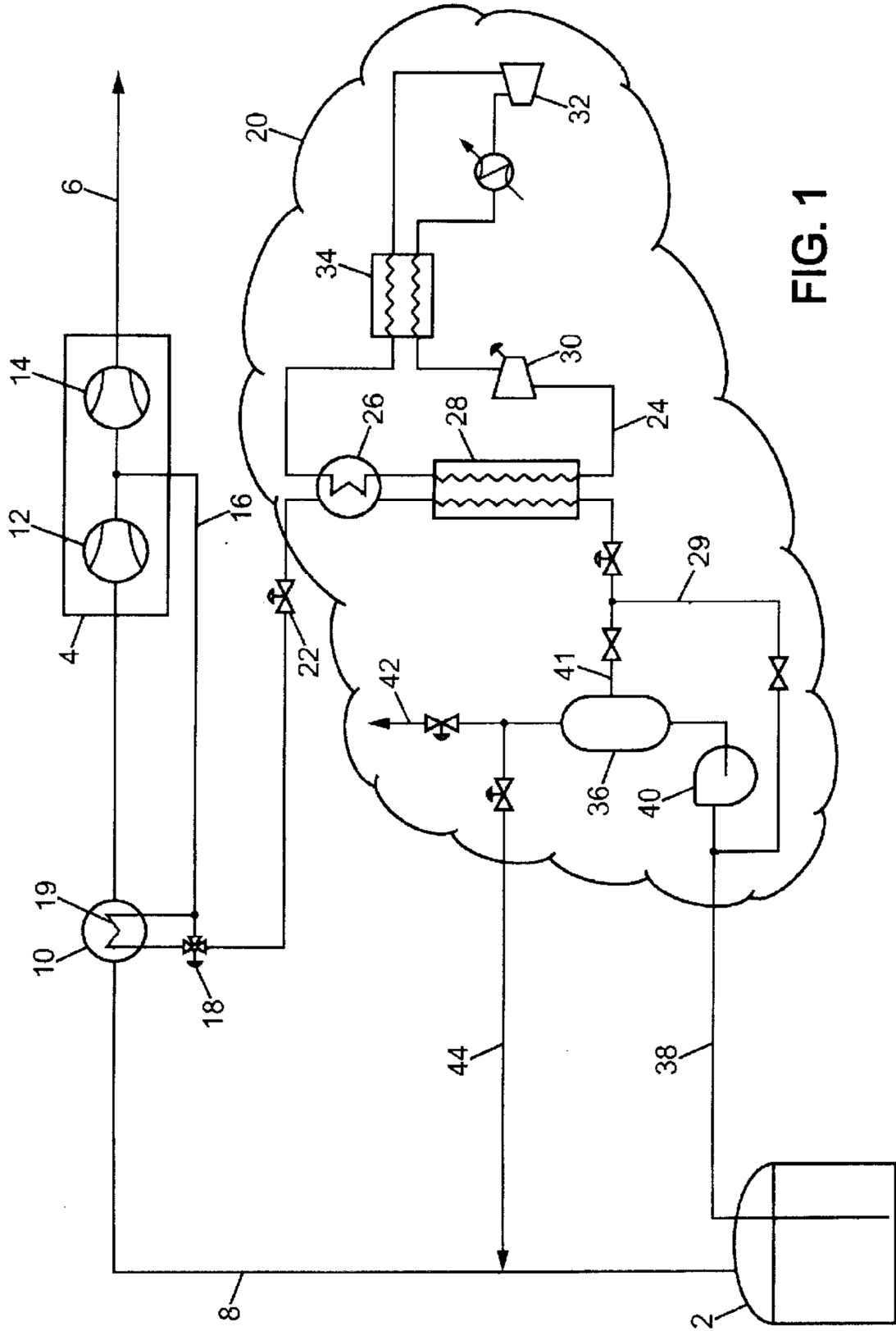


FIG. 1

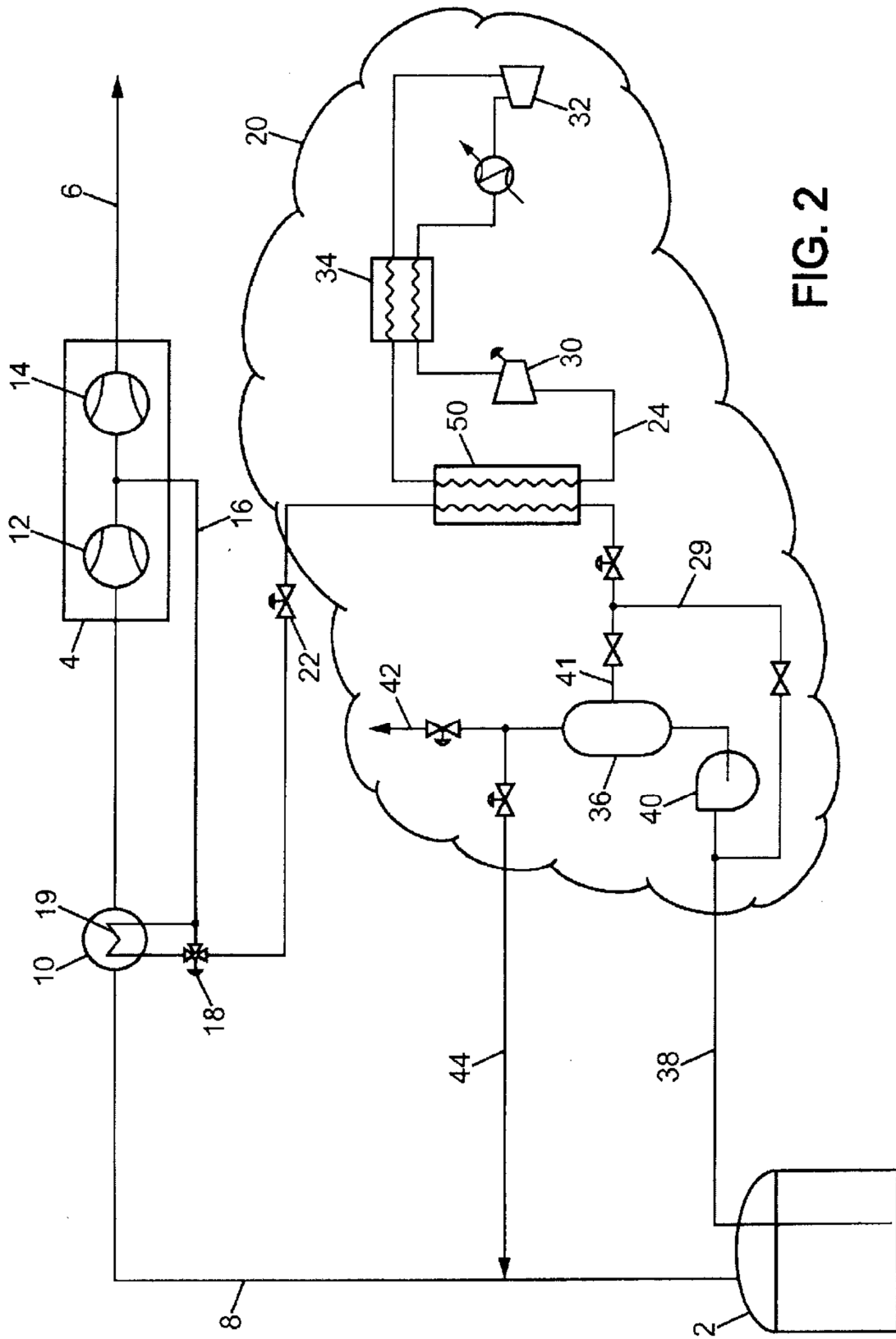


FIG. 2

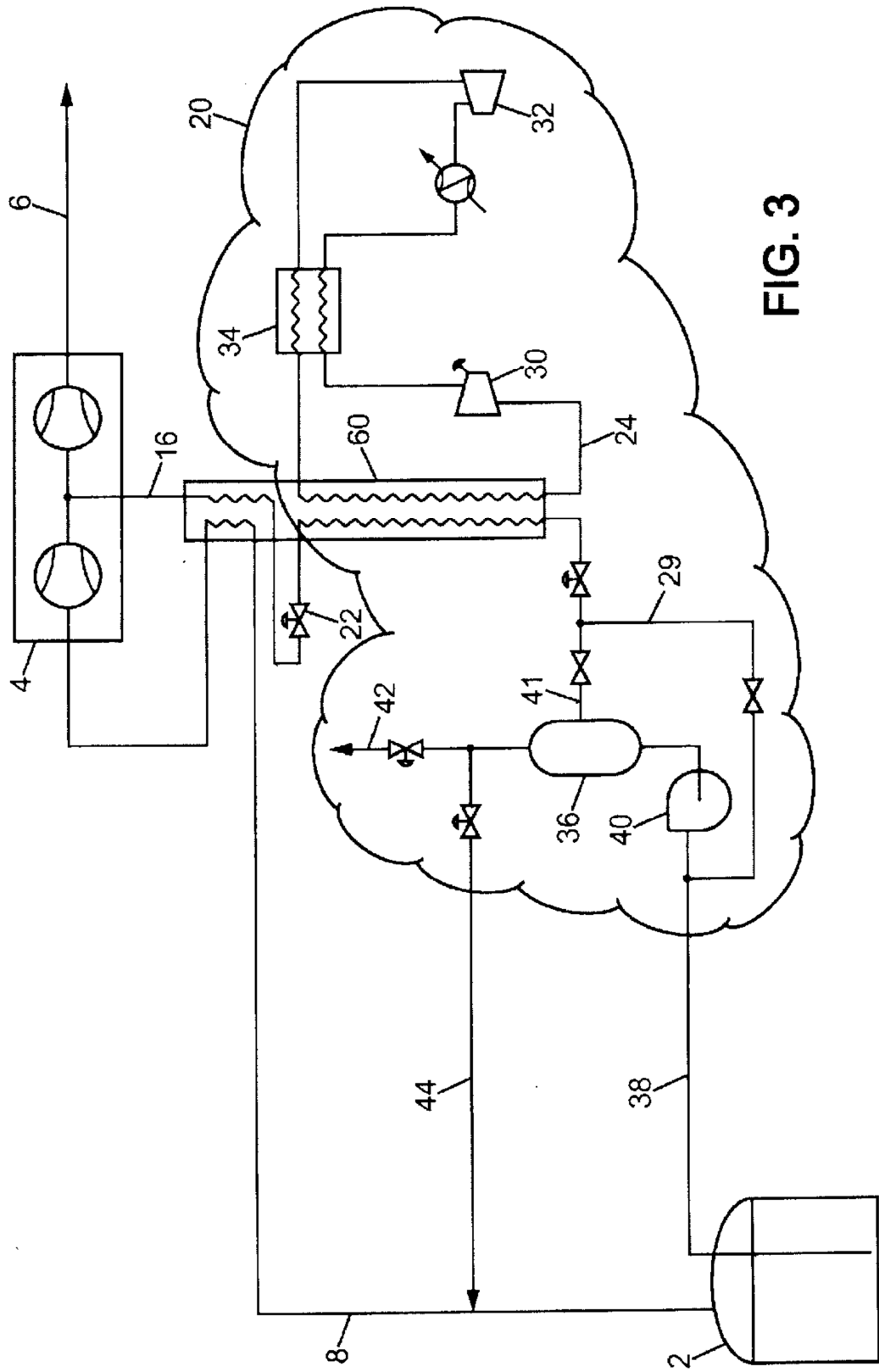


FIG. 3