

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 471 883**

51 Int. Cl.:

F17C 5/02 (2006.01)

F17C 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.11.2012 E 12192873 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.06.2014 EP 2594839**

54 Título: **Montajes de compresor y métodos para minimizar la ventilación de un proceso gaseoso durante operaciones de arranque**

30 Prioridad:

17.11.2011 US 201161560976 P

13.03.2012 US 201213418995

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

27.06.2014

73 Titular/es:

**AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC. (100.0%)
7201 Hamilton Boulevard
Allentown, PA 18195-1501, US**

72 Inventor/es:

**CHALK, DAVID JONATHAN y
FARESE, DAVID JOHN**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 471 883 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

Montajes de compresor y métodos para minimizar la ventilación de un proceso gaseoso durante operaciones de arranque

5

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

La presente solicitud de patente reivindica la prioridad del documento de Solicitud Provisional de Estados Unidos con Número de Serie 61/560976, titulado "Montajes de compresor y métodos para minimizar la ventilación de un proceso gaseoso durante operaciones de arranque", presentado el 17 de noviembre de 2011, y el documento de Solicitud Provisional de Estados Unidos con Número de Serie 13/418 995, presentado el 13 de marzo de 2012, incorporándose por referencia los contenidos de cada una de estas solicitudes por la presente.

10

Antecedentes

15

Los gases comprimidos se usan en numerosas industrias, incluyendo asistencia sanitaria, química, y fabricación. Para proporcionar un gas comprimido en un formato conveniente, se usan compresores para reducir el volumen del gas. Los compresores útiles para la compresión de un gas incluyen compresores de múltiples etapas, así como más de un compresor colocado en serie. Por lo tanto, la presión de un fluido de proceso se puede aumentar gradualmente desde una presión de entrada a una presión final de salida.

20

Los líquidos criogénicos proporcionan un beneficio en la distribución debido a su alta densidad a baja presión. Estos líquidos se transportan y almacenan como líquidos pero se usan a menudo como gases a temperatura ambiente. Se usan habitualmente bombas o compresores criogénicos, y la presente invención se destina a este fin.

25

Los compresores para la compresión de gases criogénicos se conocen bien en la técnica y se usan a menudo para comprimir gases de evaporación de tanques de almacenamiento criogénico y en procesos de separación de aire. Tales compresores pueden consistir en una etapa de compresión individual o pueden tener múltiples etapas de compresión. Para los compresores de etapa múltiple, el gas que se va a comprimir ("corriente de proceso") se puede enfriar entre las etapas o se puede hacer pasar a etapas posteriores sin enfriar. En los sistemas que proporcionan enfriamiento entre etapas, se conoce la refrigeración de la corriente del proceso de un compresor multietapa usando un disipador de calor criogénico. También se conoce el uso de intercambiadores de calor entre las etapas de compresión en las que la corriente de proceso se enfría frente a un fluido criogénico, tal como gas natural líquido (GNL). Todos estos sistemas, sin embargo, se diseñan para enfriar hasta una temperatura de estado estacionario antes de la operación normal y no se diseñan para operar normalmente durante este periodo transitorio.

30

Durante el periodo transitorio, el fluido de proceso de un compresor o bomba criogénica no se comprime y generalmente se retira por ventilación, resultando en una pérdida de fluido de proceso. Tal ventilación termina cuando las etapas del compresor y los sistemas de fluido asociados se han enfriado hasta una temperatura que permite que la máquina opere en modo criogénico. Tal ventilación de la corriente de proceso es indeseable debido a la pérdida del producto y al coste asociado.

40

Por lo tanto, existe la necesidad de un sistema mejorado que sea capaz de operar en un periodo de enfriamiento transitorio sin la ventilación de la corriente de proceso.

45

Sumario

La invención que se divulga en el presente documento satisface las necesidades mencionadas anteriormente proporcionando un sistema de compresor multietapa que tiene un intercambiador de calor interetapa entre cada etapa de compresión a través del cual fluye el fluido de proceso durante la fase de enfriamiento transitoria.

50

Existen varios aspectos del sistema y el método de compresión de fluido que se perfilan a continuación.

Aspecto 1. Un sistema de compresión de fluido para la compresión de un fluido, comprendiendo el sistema de compresión de fluido:

55

(a) un primer intercambiador de calor para proporcionar intercambio de calor entre un primer refrigerante y un disipador de calor externo;

60

(b) un segundo intercambiador de calor para proporcionar el calentamiento de un fluido de un tanque por intercambio de calor con el primer refrigerante;

(c) un compresor multietapa que comprende:

65

(c1) una primera etapa de compresión dispuesta operativamente para recibir el fluido del segundo intercambiador de calor;

(c2) al menos uno de (i) un tercer intercambiador de calor para proporcionar el enfriamiento de al menos una parte del fluido que sale de la primera etapa de compresión por intercambio de calor con el primer refrigerante y (ii) una primera camisa de refrigeración para proporcionar el enfriamiento del fluido en la primera etapa de compresión por intercambio de calor con el primer refrigerante; y

5 (c3) una segunda etapa de compresión dispuesta operativamente para recibir al menos una parte del fluido de la primera etapa de compresión; y

10 (d) un primer bucle de refrigerante dispuesto operativamente para hacer circular el primer refrigerante a través del primer intercambiador de calor, el segundo intercambiador de calor, y el al menos uno del tercer intercambiador de calor y la primera camisa de refrigeración.

15 Aspecto 2. El sistema de compresión de fluido del aspecto 1 donde el disipador de calor externo es aire ambiente.

Aspecto 3. El sistema de compresión de fluido del aspecto 1 o del aspecto 2 que comprende además:

(e) una primera válvula para recibir el fluido del tanque;

20 (f) un primer conducto de derivación para transportar opcionalmente el fluido desde el tanque sin que el fluido pase a través del segundo intercambiador de calor; donde la primera válvula se dispone operativamente para distribuir el fluido al segundo intercambiador de calor y al primer conducto de derivación;

25 (g) un primer sensor de temperatura dispuesto operativamente para medir la temperatura del fluido que entra en la primera etapa de compresión; y

30 (h) un controlador en comunicación de señal con el primer sensor de temperatura, configurado el controlador para hacer que la primera válvula distribuya al menos una parte del fluido al segundo intercambiador de calor cuando el primer sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el primer sensor de temperatura es menor que un primer criterio de temperatura, y para hacer que la primera válvula distribuya al menos una parte del fluido al primer conducto de derivación cuando el primer sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el primer sensor de temperatura es mayor que el primer criterio de temperatura.

35 Aspecto 4. El sistema de compresión de fluido del aspecto 3, donde el controlador se configura para hacer que la primera válvula dirija todo el fluido al segundo intercambiador de calor cuando el primer sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el primer sensor de temperatura es menor que el primer criterio de temperatura, y para hacer que la primera válvula distribuya todo el fluido al primer conducto de derivación cuando el primer sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el primer sensor de temperatura es mayor que el primer criterio de temperatura.

40 Aspecto 5. El sistema de compresión de fluido del aspecto 3 o el aspecto 4, donde el primer criterio de temperatura es una primera temperatura de punto de ajuste.

45 Aspecto 6. El sistema de compresión de fluido de cualquiera de los aspectos 1-5 que comprende además:

una segunda válvula para recibir el fluido de la primera etapa de compresión;

50 un segundo conducto de derivación para transportar opcionalmente el fluido desde la primera etapa de compresión sin que el fluido pase a través del tercer intercambiador de calor; y

55 un segundo sensor de temperatura dispuesto operativamente para medir la temperatura del fluido que sale de la primera etapa de compresión;

donde la segunda válvula se dispone operativamente para distribuir el fluido al tercer intercambiador de calor y al segundo conducto de derivación; y

60 donde el controlador está en comunicación de señal con el segundo sensor de temperatura y configurado para hacer que la segunda válvula distribuya al menos una parte del fluido al tercer intercambiador de calor cuando el segundo sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el segundo sensor de temperatura es mayor que un segundo criterio de temperatura, y para hacer que la segunda válvula distribuya al menos una parte del fluido al segundo conducto de derivación cuando el segundo sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el segundo sensor de temperatura es menor que el segundo criterio de temperatura.

65

- 5 Aspecto 7. El sistema de compresión de fluido del aspecto 6, donde el controlador se configura para hacer que la segunda válvula dirija todo el fluido al tercer intercambiador de calor cuando el segundo sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el segundo sensor de temperatura es mayor que el segundo criterio de temperatura, y para hacer que la segunda válvula dirija todo el fluido al segundo conducto de derivación cuando el segundo sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el segundo sensor de temperatura es menor que el segundo criterio de temperatura.
- 10 Aspecto 8. El sistema de compresión de fluido del aspecto 6 o el aspecto 7, donde el segundo criterio de temperatura es una segunda temperatura de punto de ajuste.
- 15 Aspecto 9. El sistema de compresión de fluido de cualquiera de los aspectos 1-8, donde el compresor multietapa comprende además
- una tercera etapa de compresión dispuesta operativamente para recibir al menos una parte del fluido desde la segunda etapa de compresión; y
- 20 al menos uno de (i) un cuarto intercambiador de calor para proporcionar el enfriamiento de al menos una parte del fluido que sale de la segunda etapa de compresión por intercambio de calor con el primer refrigerante, y (ii) una segunda camisa de refrigeración para proporcionar el enfriamiento del fluido en la segunda etapa de compresión por intercambio de calor con el primer refrigerante; y
- donde el primer bucle de refrigerante está dispuesto operativamente además para hacer circular el primer refrigerante a través de al menos uno del cuarto intercambiador de calor y la segunda camisa de refrigeración.
- 25 Aspecto 10. El sistema de compresión de fluido del aspecto 9, donde el compresor multietapa comprende además
- 30 un tercer conducto de derivación para transportar opcionalmente el fluido desde la segunda etapa de compresión a la tercera etapa de compresión sin que el fluido pase a través del cuarto intercambiador de calor;
- 35 una tercera válvula para recibir el fluido desde la segunda etapa de compresión; y un tercer sensor de temperatura dispuesto operativamente para medir la temperatura del fluido que sale de la segunda etapa de compresión; y
- 40 donde el controlador está además en comunicación de señal con el tercer sensor de temperatura, configurado el controlador para hacer que la tercera válvula distribuya al menos una parte del fluido al cuarto intercambiador de calor cuando el tercer sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el tercer sensor de temperatura es mayor que un tercer criterio de temperatura, y para hacer que la tercera válvula distribuya al menos una parte del fluido al tercer conducto de derivación cuando el tercer sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el tercer sensor de temperatura es menor que el tercer criterio de temperatura.
- 45 Aspecto 11. El sistema de compresión de fluido del aspecto 10, donde el controlador está configurado para hacer que la tercera válvula dirija todo el fluido al cuarto intercambiador de calor cuando el tercer sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el tercer sensor de temperatura es menor que el tercer criterio de temperatura, y para hacer que la tercera válvula distribuya todo el fluido al tercer conducto de derivación cuando el tercer sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el tercer sensor de temperatura es mayor que el tercer criterio de temperatura.
- 50 Aspecto 12. El sistema de compresión de fluido del aspecto 11, donde el tercer criterio de temperatura es una tercera temperatura de punto de ajuste.
- Aspecto 13. El sistema de compresión de fluido de cualquiera de los aspectos 1-12 que comprende además:
- 55 un quinto intercambiador de calor para proporcionar intercambio de calor entre un segundo refrigerante y un segundo disipador de calor externo;
- 60 donde el compresor multietapa comprende además un sexto intercambiador de calor para proporcionar el enfriamiento de al menos una parte del fluido que sale de la primera etapa de compresión por intercambio de calor con el segundo refrigerante; y
- un segundo bucle de refrigerante dispuesto operativamente para hacer circular el segundo refrigerante a través del quinto intercambiador de calor y el sexto intercambiador de calor.
- 65 Aspecto 14. El sistema de compresión de fluido del aspecto 13 donde el segundo disipador de calor externo es aire ambiente.

Aspecto 15. El sistema de compresión de fluido de cualquiera de los aspectos 9-14, que comprende además:

5 una primera derivación de presión dispuesta operativamente para permitir que el fluido que ha pasado a través de la primera etapa de compresión se salte la segunda etapa de compresión y alimente la tercera etapa de compresión.

Aspecto 16. Un método para la compresión de un fluido suministrado desde de un recipiente de almacenamiento criogénico, comprendiendo el método:

10 (a) hacer circular un primer refrigerante a través de un primer intercambiador de calor, un segundo intercambiador de calor, y al menos uno de un tercer intercambiador de calor y una primera camisa de refrigeración;

15 (b) calentar el fluido haciendo pasar al menos una parte del fluido al segundo intercambiador de calor para intercambiar calor con el primer refrigerante enfriando de ese modo el primer refrigerante;

(c) comprimir el fluido de la etapa (b) en una primera etapa de compresión 14 de un compresor multietapa; y

20 (d) comprimir además al menos una parte del fluido de la primera etapa de compresión en una segunda etapa de compresión 16 del compresor multietapa;

donde el primer refrigerante se hace circular en el primer intercambiador de calor para intercambiar calor con un disipador de calor externo; y

25 donde al menos uno de (i) el fluido se enfría por intercambio de calor con el primer refrigerante que fluye a través de la primera camisa de refrigeración durante la etapa (c) y (ii) al menos una parte del fluido se hace pasar al tercer intercambiador de calor y se enfría por intercambio de calor con el primer refrigerante en el tercer intercambiador de calor después de la etapa (c) y antes de la etapa (d).

30 Aspecto 17. El método del aspecto 16 donde el disipador de calor externo es aire ambiente.

Aspecto 18. El método del aspecto 16 o el aspecto 17 que comprende además:

35 comprimir además al menos una parte del fluido de la segunda etapa de compresión en una tercera etapa de compresión del compresor multietapa; y

40 donde al menos uno de (i) el fluido se enfría por intercambio de calor con el primer refrigerante que fluye a través de una segunda camisa de refrigeración durante la etapa (d) y (ii) al menos una parte del fluido se hace pasar a un cuarto intercambiador de calor y se enfría por intercambio de calor con el primer refrigerante en el cuarto intercambiador de calor después de la etapa (d) donde el primer refrigerante se hace circular a través del cuarto intercambiador de calor.

Aspecto 19. El método de cualquiera de los aspectos 16-18 que comprende además:

45 medir la temperatura del fluido antes de entrar en la primera etapa de compresión; y

50 ajustar la cantidad de fluido que pasa al segundo intercambiador de calor para calentar más fluido cuando la temperatura del fluido medida antes de entrar en la primera etapa de compresión es menor que un primer criterio de temperatura, y para calentar menos fluido cuando la temperatura del fluido medida antes de entrar en la primera etapa de compresión es mayor que el primer criterio de temperatura.

Aspecto 20. El método de cualquiera de los aspectos 16-19 que comprende además:

medir la temperatura del fluido después de pasar a través de la primera etapa de compresión;

55 ajustar la cantidad del fluido que pasa al tercer intercambiador de calor para enfriar más fluido cuando la temperatura del fluido medida después de pasar a través de la primera etapa de compresión es mayor que un segundo criterio de temperatura y para enfriar menos fluido cuando la temperatura del fluido medida después de pasar a través de la primera etapa de compresión es menor que el segundo criterio de temperatura.

60 Aspecto 21. El método de cualquiera de los aspectos 16-20 que comprende además:

medir la temperatura del fluido después de pasar a través de la segunda etapa de compresión;

65 ajustar la cantidad del fluido que pasa a un cuarto intercambiador de calor para enfriar más fluido cuando la temperatura del fluido medida después de pasar a través de la segunda etapa de compresión es mayor que un tercer criterio de temperatura y para enfriar menos fluido cuando la temperatura del fluido medida después

de pasar a través de la segunda etapa de compresión es menor que el tercer criterio de temperatura;
donde el primer refrigerante también se hace circular a través del cuarto intercambiador de calor.

5 Aspecto 22. El método de la reivindicación de cualquiera de los aspectos 16-21 que comprende además:

hacer circular un segundo refrigerante a través de un quinto intercambiador de calor y un sexto intercambiador de calor;

10 donde el segundo refrigerante se hace circular en el quinto intercambiador de calor para intercambiar calor con un segundo disipador de calor externo; y

15 donde el fluido se hace pasar al sexto intercambiador de calor y se enfría por intercambio de calor con el segundo refrigerante en el sexto intercambiador del calor 148 después de la etapa (c) y antes de la etapa (d).

Aspecto 23. El método del aspecto 22 donde el segundo disipador calor externo es aire ambiente.

Aspecto 24. Un método para la compresión de un fluido, comprendiendo el método:

20 (a) proporcionar el sistema de compresión de fluido de cualquiera de los aspectos 1-15;

(b) hacer circular el primer refrigerante a través del primer intercambiador de calor, el segundo intercambiador de calor, y al menos uno del tercer intercambiador de calor y la primera camisa de refrigeración;

25 (c) calentar el fluido haciendo pasar al menos una parte del fluido al segundo intercambiador de calor para intercambiar calor con el primer refrigerante enfriando de ese modo el primer refrigerante;

(d) comprimir el fluido de la etapa (c) en la primera etapa de compresión 14 del compresor multietapa; y

30 (e) comprimir además al menos una parte del fluido de la primera etapa de compresión en la segunda etapa de compresión del compresor multietapa;

donde el primer refrigerante se hace circular en el primer intercambiador de calor para intercambiar calor con el disipador de calor externo; y

35 donde al menos uno de (i) el fluido se enfría por intercambio de calor con el primer refrigerante que fluye a través de la primera camisa de refrigeración durante la etapa (d) y (ii) al menos una parte del fluido se hace pasar al tercer intercambiador de calor y se enfría por intercambio de calor con el primer refrigerante en el tercer intercambiador de calor después de la etapa (d) y antes de la etapa (e).

40 Aspecto 25. El método del aspecto 24 donde el disipador de calor externo es aire ambiente.

Aspecto 26. El método de cualquiera de los aspectos 16-25 que usa el sistema de compresión de fluido de cualquiera de los aspectos 1-15.

45 Aspecto 27. El sistema de compresión de fluido de cualquiera de los aspectos 1-15 que lleva a cabo el método de cualquiera de los aspectos 16-25.

Aspecto 28. Un sistema de compresión de fluido para la compresión de un fluido, comprendiendo el sistema de compresión de fluido:

50 un compresor multietapa que comprende:

una primera etapa de compresión;

55 una válvula para recibir el fluido de la primera etapa de compresión;

un intercambiador de calor para proporcionar opcionalmente el enfriamiento del fluido que sale de la primera etapa de compresión;

60 un conducto de derivación para transportar opcionalmente el fluido de la primera etapa de compresión sin que el fluido pase a través del intercambiador de calor;

una segunda etapa de compresión para recibir al menos una parte del fluido del conducto de derivación y al menos una parte del fluido del intercambiador de calor; y

65

un sensor de temperatura dispuesto operativamente para medir la temperatura del fluido que sale de la primera etapa de compresión;

5 donde la válvula se dispone operativamente para distribuir el fluido al intercambiador de calor y al conducto de derivación; y

10 un controlador en comunicación de señal con el sensor de temperatura, configurado el controlador para hacer que la válvula distribuya al menos una parte del fluido al intercambiador de calor cuando el sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el sensor de temperatura es mayor que un criterio de temperatura, y para hacer que la válvula distribuya al menos una parte del fluido al conducto de derivación cuando el sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el sensor de temperatura es menor que el criterio de temperatura.

15 Aspecto 29. El sistema de compresión de fluido de cualquiera del aspecto 28, donde el controlador está configurado para hacer que la válvula dirija todo el fluido al intercambiador de calor cuando el sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el sensor de temperatura es mayor que el criterio de temperatura, y para hacer que la válvula dirija todo el fluido al conducto de derivación cuando el sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el sensor de temperatura es menor que el criterio de temperatura.

20 Aspecto 30. El sistema de compresión de fluido de cualquiera de los aspectos 28-29, donde el primer criterio de temperatura es una temperatura de punto de ajuste.

25 Aspecto 31. Un método para la compresión de un fluido suministrado desde de un recipiente de almacenamiento criogénico, comprendiendo el método:

(a) hacer pasar el fluido a una primera etapa de compresión de un compresor multietapa;

30 (b) medir la temperatura del fluido después de pasar a través de la primera etapa de compresión;

(c) después de llevar a cabo la etapa (a) y antes de llevar a cabo la etapa (d), dirigir al menos una parte del fluido a través de un intercambiador de calor para enfriar el fluido cuando la temperatura es mayor que un criterio de temperatura; y saltarse el intercambiador de calor cuando la temperatura es menor que el criterio de temperatura; y

35 (d) hacer pasar al menos una parte del fluido de (c) a una segunda etapa de compresión del compresor multietapa.

40 **Breve descripción de algunas vistas de las figuras**

El sumario precedente, así como la siguiente descripción detallada de realizaciones a modo de ejemplo, se entienden mejor cuando se leen junto con los dibujos anexos. Con el fin de ilustrar las realizaciones, en los dibujos se muestran construcciones a modo de ejemplo; sin embargo, la invención no queda limitada a los métodos e instrumental específicos divulgados. En las figuras:

45 la Figura 1 es un diagrama esquemático que muestra un sistema de acuerdo con una primera realización a modo de ejemplo de la invención;

50 la Figura 2 es un diagrama esquemático que muestra un sistema de acuerdo con una segunda realización a modo de ejemplo de la invención; y

las Figuras 3 y 4 son diagramas de flujo que ilustran un método de operación a modo de ejemplo de la primera realización a modo de ejemplo de la invención.

55 **Descripción detallada**

La siguiente descripción detallada proporciona únicamente realizaciones preferentes a modo de ejemplo, y no se pretende que limite el alcance, aplicabilidad, o configuración de la invención. En su lugar, la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferentes a modo de ejemplo proporcionará a los expertos en la materia una descripción que habilita la puesta en práctica de las realizaciones preferentes a modo de ejemplo de la invención. Se debería entender que se pueden realizar diversos cambios en la función y disposición de los elementos sin apartarse del ámbito de la invención que se define mediante las reivindicaciones.

65 Los artículos "un", "uno" y "una", como se usan en el presente documento, significan uno o más cuando se aplican a cualquier característica en las realizaciones de la presente invención descritas en la memoria descriptiva y las reivindicaciones. El uso de "un", "uno" y "una" no limita el significado a una característica individual a menos que se

indique específicamente tal límite. Los artículos "el", "la", "los" y "las" que preceden nombres y frases nominales en singular o plural indica una característica específica particular o características específicas particulares y puede tener una connotación singular o plural dependiendo del contexto en el que se usa. El adjetivo "cualquiera" significa uno, algunos, o todos indistintamente de la cantidad. El término "y/o" colocado entre una primera entidad y una segunda entidad significa uno de (1) la primera entidad, (2) la segunda entidad, y (3) la primera entidad y la segunda entidad. El término "y/o" colocado entre las dos últimas entidades de una lista de 3 o más entidades significa al menos uno de las entidades de la lista.

La expresión "al menos una parte" significa "una parte o todo". La al menos una parte de una corriente puede tener la misma composición que la corriente de la que deriva. La al menos una parte de una corriente puede incluir componentes específicos de la corriente de la que deriva.

Para ayudar en la descripción de la invención, se pueden usar términos direccionales en la memoria descriptiva y las reivindicaciones para describir partes de la presente invención (por ejemplo, superior, inferior, izquierda, derecha, etc.). Se pretende que estos términos direccionales sirvan únicamente de ayuda para describir y reivindicar la invención y no se pretende que limiten de ningún modo la invención. Además, las referencias numerales que se introducen en la memoria descriptiva por asociación a un dibujo de una figura se pueden repetir en una o más figuras posteriores sin descripción adicional en la memoria descriptiva para proporcionar el contexto para otras características.

Como se usa en el presente documento, "primer", "segundo", "tercero", etc., se usan para distinguir entre una pluralidad de etapas y/o características y/o componentes, y no son indicativos del número total, o de la posición relativa en el tiempo y/o el espacio a menos que se indique expresamente como tal.

En las reivindicaciones, se usan letras para identificar las etapas reivindicadas (por ejemplo (a), (b), y (c)). Estas letras se usan para que sirvan de ayuda en la referencia a las etapas de método y no se pretende que indiquen el orden en el que se llevarán a cabo las etapas reivindicadas, a menos que y únicamente en la medida que tal orden se indique específicamente en las reivindicaciones.

A menos que se indique otra cosa en el presente documento, se debería entender que cualquiera y todos los porcentajes identificados en la memoria descriptiva, figuras y reivindicaciones se basan en porcentaje en peso.

A menos que se indique otra cosa en el presente documento, se debería entender que cualquiera y todas las presiones identificadas en la memoria descriptiva, figuras y reivindicaciones se refieren a presión manométrica.

Como se usa en la memoria descriptiva y las reivindicaciones, la expresión "comunicación de flujo de fluido" se pretende que signifique que dos o más elementos están conectados operativamente (directa o indirectamente) de un modo que permite que los fluidos fluyan entre los elementos, incluyendo conexiones que pueden contener válvulas, compuertas, u otros dispositivos que pueden restringir y/o controlar selectivamente el flujo de fluido.

Como se usa en la memoria descriptiva y las reivindicaciones, las expresiones corriente abajo y corriente arriba se refieren a la dirección de flujo pretendida del fluido de proceso transferido. Si la dirección de flujo pretendida del fluido de proceso es desde el primer dispositivo al segundo dispositivo, el segundo dispositivo está en una comunicación de flujo de fluido corriente abajo del primer dispositivo.

En las figuras, la fecha que se muestra junto con cada intercambiador de calor indica la dirección del flujo de calor. En otras palabras, la cola de la fecha representan el extremo más caliente del intercambiador de calor y la cabeza de la flecha representa el extremo más frío del intercambiador de calor. Las flechas que tienen dos cabezas indican que la dirección del flujo de calor puede cambiar dependiendo de las condiciones de operación del sistema.

Como se usa en el presente documento, el término "criógeno" o la expresión "fluido criogénico" se pretende que signifique un líquido, gas, o fluido de fase mixta que tiene una temperatura menor que -70 °C. Ejemplos de criógenos incluyen hidrógeno líquido (LIH), nitrógeno líquido (LIN), oxígeno líquido (LOX), argón líquido (LAR), helio líquido, dióxido de carbono líquido y presurizado, criógenos de fase mixta (por ejemplo, una mezcla de LIN y nitrógeno gaseoso). De forma similar, la expresión "recipiente de almacenamiento criogénico" se pretende que signifique un recipiente en el que se almacena un fluido criogénico. Como se usa en el presente documento, la expresión "temperatura criogénica" se pretende que signifique una temperatura por debajo de -70 °C.

Para superar los inconvenientes con el equipo de compresión existente, los sistemas y los métodos que se describen en el presente documento se diseñan para adaptarse a la introducción tanto de gases a temperatura ambiente como de fluidos criogénicos. Además, se configuran para adaptarse a fluidos de proceso a temperaturas criogénicas sin la necesidad de ventilar el fluido de proceso cuando se produce el arranque y sin la necesidad de equipo de refrigeración auxiliar.

En un periodo transitorio después del arranque de los sistemas (también denominado en el presente documento "período de enfriamiento" o "período transitorio"), los sistemas que se describen en el presente documento cambian

gradualmente para funcionar como compresor multietapa criogénico a medida que el equipo se enfría (por ejemplo, cae la temperatura de los compresores y la maquinaria asociada). En un ejemplo, este periodo transitorio se adapta para permitir que cada etapa de compresión se descargue en un intercambiador de calor que enfría el fluido de proceso hasta aproximadamente la temperatura ambiente. Además, durante este periodo de enfriamiento, la tubería de entrada y otros equipos se enfrían debido al flujo del fluido de proceso criogénico, y se permite que caiga la temperatura en la entrada del compresor. Finalmente, la temperatura de entrada caerá a un valor de estado estacionario (dependiente de la configuración del sistema particular), en cuyo punto finaliza el período transitorio, y tendrá lugar una compresión en estado estacionario del fluido de proceso. Esta compresión se puede conseguir usando múltiples etapas, algunas o la totalidad de las cuales pueden operar a temperatura criogénica.

Por referencia a la Figura 1, se muestra una primera realización a modo de ejemplo de un sistema compresor 10. Un tanque de almacenamiento 12 contiene un fluido de proceso que se va a comprimir mediante un compresor multietapa 13, y a continuación se transporta fuera del sistema 10 mediante un conducto de salida de 20. En esta realización, el compresor multietapa 13 comprende tres etapas de compresión 14, 16, 18, donde se comprime una parte o la totalidad del fluido.

En esta realización, el fluido de proceso es un fluido criogénico y, por lo tanto, el tanque de almacenamiento 12 incluye una parte de fase líquida 22 y una parte de fase gaseosa 24. Como se ha explicado anteriormente, el sistema 10 es capaz de comprimir fluidos criogénicos (como se muestra en esta realización) así como gases a temperatura no criogénica. El tanque de almacenamiento 12 incluye una salida de fase líquida 26 y una salida de fase gaseosa 28. Cada salida 26, 28 está en comunicación de flujo de fluido con una válvula 30, 32 respectiva que controla el flujo del fluido de proceso en los conductos 34, 36. En esta realización, los conductos 34, 36 se unen corriente abajo de las válvulas 30, 32. Si el sistema 10 se usó para comprimir un fluido de proceso a temperaturas ambiente, el tanque de almacenamiento 12 podría no incluir la parte de fase líquida 22 o la salida de fase líquida 26.

En numerosas aplicaciones, la salida de fase gaseosa 28 se usa como la fuente principal del fluido de proceso. La salida de fase líquida 26 se usa en lugar de la salida de fase gaseosa 28 o en combinación con la salida de fase gaseosa 28 si (a) es deseable reducir la temperatura del fluido de proceso o (b) si la velocidad con la que el fluido de proceso fluye hacia el exterior de la salida de fase gaseosa 28 hace que la presión en el tanque de almacenamiento 12 descienda más allá de un nivel deseado.

Corriente abajo del punto de unión, el flujo del fluido de proceso se puede dirigir al conducto de derivación 42 o al intercambiador de calor 40 mediante una válvula 38. El intercambiador de calor 40 proporciona el calentamiento del fluido que proviene del tanque 12 por intercambio de calor con un primer refrigerante. Se puede seleccionar cualquier refrigerante adecuado. Ejemplos de refrigerantes adecuados incluyen propilenglicol, di-limoneno, o aceite mineral o vegetal. La posición de la válvula 38 (% de apertura o cierre) se puede determinar mediante un controlador 76, basado en la temperatura del fluido de proceso, según se mide mediante un sensor de temperatura 44 localizado en el extremo corriente abajo del intercambiador de calor 40. El sensor de temperatura 44 proporciona datos de temperatura al controlador 76. Basándose en los datos de temperatura proporcionados por el sensor de temperatura 44, el controlador 76 opera selectivamente la válvula 38 para dirigir el fluido de proceso a través del intercambiador de calor 40 o a través de un conducto de derivación 42, que permite que el fluido de proceso fluya directamente a una primera etapa de compresión 14 sin pasar a través del intercambiador de calor 40. En esta realización, el controlador 76 opera la válvula 38 para dirigir el fluido de proceso a través del intercambiador de calor 40 cuando el sensor de temperatura 44 mide una temperatura que es inferior a una temperatura de punto de ajuste y a través del conducto de derivación 42 cuando el sensor de temperatura 44 mide una temperatura que es superior a la temperatura de punto de ajuste. En el caso en el que el sensor de temperatura mide una temperatura en, o muy cercana a, la temperatura de punto de ajuste, el controlador puede dar instrucciones a la válvula 38 para dirigir el fluido de proceso a través del intercambiador de calor 40 y/o a través del conducto de derivación 42. En realizaciones alternativas, se podrían usar otros parámetros del fluido de proceso, tales como la presión, para determinar la posición de la válvula 38.

El controlador 76 está preferentemente en comunicación de señal con todos los sensores de temperatura 44, 47, 54 y todas las válvulas 38, 46, 56, 81. Tal comunicación de señal se podría realizar mediante cualquier medio adecuado, incluyendo conexiones cableadas o inalámbricas. Para evitar la confusión en la Figura 1, las conexiones de señal entre el controlador 76 y los demás componentes se representan mediante una flecha que termina en una línea discontinua.

Alternativamente, cualquiera de las válvulas 38, 46, 56 y 81 se puede operar manualmente sin el uso del controlador 76.

En esta realización a modo de ejemplo, se muestra que la válvula 38 es una válvula individual de tres vías. En una primera posición, la válvula 38 dirige la totalidad del fluido de proceso a través del intercambiador de calor 40 y en una segunda posición, la válvula 38 dirige la totalidad del fluido de proceso al conducto de derivación 42. Se podría conseguir esta misma funcionalidad usando otras configuraciones de válvula, tal como dos válvulas de dos vías. Además, en algunas aplicaciones, puede ser deseable usar una válvula proporcional que permita que el fluido de proceso se distribuya entre el intercambiador de calor 40 y el conducto de derivación 42. A menos que se indique

otra cosa con respecto a una válvula particular, las configuraciones de válvula alternativas que se discuten en este párrafo se aplican a todas las válvulas del sistema 10 y del sistema 110. Dado que el artículo "una" significa "una o más", el término "válvula", como se usa en las reivindicaciones, se pretende que incluya configuraciones de válvula individual y múltiple, así como válvulas proporcionales.

5 Se coloca una válvula 46 corriente abajo de la primera etapa de compresión 14. Basándose en los datos de temperatura proporcionados por el sensor de temperatura 47, el controlador 76 da instrucciones a la válvula 46 para dirigir el fluido de proceso a través de otro intercambiador de calor 48 o a un conducto de derivación 50 que se salta el intercambiador de calor 48. A continuación, el fluido de proceso enfriado se transporta al conducto 52 que conduce a una segunda etapa de compresión 16.

15 Tras salir de la segunda etapa de compresión 16, se toma otra lectura de temperatura del fluido de proceso en el sensor de temperatura 54. Basándose en los datos de temperatura proporcionados por el sensor de temperatura 54, el controlador 76 opera selectivamente la válvula 56 para dirigir el fluido de proceso a otro intercambiador de calor 60 o al conducto de derivación 58, que se salta el intercambiador de calor 60. A continuación, el fluido de proceso pasa a una tercera etapa de compresión 18. Después de pasar a través de la tercera etapa de compresión 18, el fluido de proceso pasa a través de otro intercambiador de calor 62 antes de salir del sistema.

20 En realizaciones alternativas, el controlador 76 y cualquiera de las válvulas que se describen en el presente documento (por ejemplo, la válvula 38 o la válvula 46) se podrían configurar para distribuir una parte del fluido de proceso a un conducto de derivación (por ejemplo, el conducto de derivación 42 o el conducto de derivación 50) y una parte del fluido de proceso a un intercambiador de calor (por ejemplo, el intercambiador de calor 40 o el intercambiador de calor 48). Por ejemplo, el controlador 76 podría ser un controlador proporcional integral derivativo ("PID").

25 Esta realización ejemplar también incluye un montaje de derivación de válvula de retención que permite que el fluido de proceso se salte una o más de las etapas de compresión 16, 18 si la presión del fluido de proceso según sale de una etapa de compresión es mayor o igual que la presión del fluido de proceso después de la siguiente etapa de compresión. Esta funcionalidad se posibilita mediante dos válvulas de retención 66, 72 y los conductos 64, 70, 74 que están en comunicación de flujo de fluido con el extremo corriente abajo de los intercambiadores de calor interetapa 48, 60, 62 y los conductos de derivación 50, 58, respectivamente. El conducto 68 conecta la válvula de retención 66 en comunicación de flujo de fluido con la válvula de retención 72.

35 En la Figura 1, se muestra que el fluido de proceso que fluye a través del intercambiador de calor 40 se calienta mediante un refrigerante que circula en un bucle de refrigerante cerrado 80 y se muestra que el fluido de proceso que fluye a través de los intercambiadores de calor 48, 60, 62 se enfría frente al refrigerante en el mismo bucle de refrigerante cerrado 80. Se proporciona un compresor o bomba 85 para presurizar y hacer circular el refrigerante en el bucle de refrigerante cerrado 80. Además, se proporciona un intercambiador de calor 82 en el bucle de refrigerante cerrado 80, que enfría o calienta el refrigerante frente a un disipador de calor externo, por ejemplo, aire ambiente o agua. Una válvula 81 y un circuito de derivación 84 permiten que el refrigerante se salte el intercambiador de calor 82 cuando se desee. La válvula 81 se controla mediante el controlador 76, que se basa en los datos de entrada de un sensor de temperatura 83, que mide la temperatura del refrigerante, y un sensor de temperatura 27, que mide la temperatura ambiente en la proximidad del sistema 10.

45 Cuando el sistema 10 se opera en el período transitorio, la temperatura del fluido de proceso será relativamente alta después de cada etapa de compresión 14, 16, 18, lo que puede hacer que la temperatura del refrigerante en el bucle de refrigerante cerrado 80 exceda la temperatura ambiente. Cuando la temperatura del refrigerante excede la temperatura ambiente en una cantidad predeterminada, el controlador 76 opera la válvula 81 para dirigir el refrigerante a través del intercambiador de calor 82, que enfría el refrigerante frente al disipador de calor externo (por ejemplo, aire ambiente). El controlador 76 podría usar el sensor de temperatura 27 para determinar la temperatura ambiente o, si la temperatura ambiente es relativamente constante, el controlador 76 se podría configurar para que use una temperatura ambiente promedio preestablecida. De forma similar, cuando el sistema 10 alcanza el estado estacionario, la temperatura relativamente baja del fluido de proceso después de cada una de las etapas de compresión 14, 16, 18 podría hacer que la temperatura de la temperatura de refrigerante en el refrigerante en el bucle de refrigerante cerrado 80 caiga por debajo de la temperatura ambiente. Cuando la temperatura del refrigerante cae por debajo de la temperatura ambiente en una cantidad predeterminada, el controlador 76 opera la válvula 81 para hacer que el refrigerante fluya a través del intercambiador de calor 82, que calienta el refrigerante frente al aire ambiente.

60 Alternativamente, el bucle de refrigerante cerrado 80 se podría omitir y los intercambiadores de calor 40, 48, 60, 62 podrían intercambiar calor directamente con el aire ambiente. Esta configuración podría ser menos compleja y menos costosa, pero sería capaz de operar en un intervalo más reducido de temperaturas ambiente. Además, esto no permitiría que los intercambiadores de calor interetapa 48, 60, 62 utilizaran la refrigeración del intercambiador de calor 40.

65

Por referencia a la Figura 2, se muestra otra realización a modo de ejemplo de un sistema de compresión 110. En esta realización a modo de ejemplo, los elementos compartidos con la primera realización (sistema 10) se representan haciendo referencia a los numerales aumentados en un factor de 100. Por ejemplo, el tanque de almacenamiento 12 del sistema 10 corresponde con el tanque de almacenamiento 112 del sistema 110. En aras de la claridad, en la

5 Figura 2 se numeran algunas características que el sistema 110 comparte con, y son básicamente idénticas a, el sistema 10, pero no se hace referencia específica a las mismas en la memoria descriptiva con respecto al sistema 110.

10 El sistema 110 incluye muchas características del sistema 10, que incluyen, pero no se limitan a, la disposición y operación de las etapas de compresión 114, 116, 118 y la disposición y operación de los intercambiadores de calor 140, 148, 160. Como se describe con mayor detalle posteriormente, el sistema 110 incluye capacidades de intercambio de calor adicionales que permiten que el sistema 110 opere en un intervalo más amplio de condiciones de operación.

15 El sistema 110 incluye un segundo bucle de refrigerante 190 a través del cual circula un refrigerante mediante un compresor 195. Además, se podría proporcionar opcionalmente un intercambiador de calor 194 en el bucle de refrigerante 190, que enfríe o caliente el refrigerante frente a un disipador de calor externo, por ejemplo, aire ambiente o agua. Una válvula y un conducto de derivación (no se muestran) permiten que el refrigerante se salte el intercambiador de calor 194 cuando se desee. El refrigerante en este bucle de refrigerante 190 tiene

20 preferentemente un punto de congelación menor que el agua. Ejemplos de refrigerantes adecuados incluyen propilenglicol, di-limoneno, o aceite mineral o vegetal. El segundo bucle de refrigerante 190 es particularmente ventajoso para el sistema 110, que de otro modo puede requerir un refrigerador para reducir la temperatura del refrigerante, particularmente en los lugares que experimenten temperaturas ambiente relativamente altas.

25 El sistema 110 incluye intercambiadores de calor interetapa adicionales 191, 193, que están conectados al extremo corriente arriba de los intercambiadores de calor interetapa 148, 160, respectivamente, que operan del mismo modo que los intercambiadores de calor 48 y 60 del sistema 10 que se muestra en la Figura 1. Cuando el controlador 176 acciona la válvula de modo que el fluido de proceso se hace fluir a través de los intercambiadores de calor 191, 193, ubicados entre la primera y la segunda etapas de compresión 114, 116, el primer intercambiador de calor 191

30 enfriará generalmente el fluido de proceso hasta una temperatura igual o justo inferior a la temperatura ambiente. A continuación, el segundo intercambiador de calor 148 enfría adicionalmente el fluido de proceso. Esto se hace para minimizar la cantidad de calor añadida al bucle de refrigerante 180 de modo que pueda operar a una temperatura tan baja como sea posible. Los intercambiadores de calor 193, 160 ubicados entre la segunda y la tercera etapas de compresión 116, 118 operan del mismo modo que los intercambiadores de calor 191, 148 ubicados entre la primera

35 y la segunda etapas de compresión 114, 116.

Como se muestra en el sistema 110, cada una de las etapas de compresión 114, 116, 118 puede incluir opcionalmente camisas de refrigeración 196, 197, 198 para enfriar cada etapa de compresión 114, 116, 118 según sea necesario. En esta realización, el refrigerante del bucle de refrigerante 180 circula a través de cada una de las

40 camisas cilíndricas 196, 197, 198. Alternativamente, se podría hacer circular un fluido secundario a través de las camisas cilíndricas 196, 197, 198 y enfriarlo frente al refrigerante del bucle de refrigerante 180. Además o alternativamente, las camisas cilíndricas 196, 197, 198 podrían intercambiar calor frente al refrigerante del bucle de refrigerante 190 en lugar del bucle de refrigerante 180.

45 Los intercambiadores de calor 62, 162 en la salida del sistema podrían intercambiar calor frente al refrigerante del bucle de refrigerante 80 como se muestra en la Figura 1 y/o el bucle de refrigerante 190 como se muestra en la Figura 2.

Se debería entender que se pretende que el número de etapas de compresión mostrado en los sistemas 10, 110 sea

50 únicamente a modo de ejemplo. Se podría proporcionar cualquier número de etapas, de acuerdo con los requisitos de la aplicación en la que se pone en práctica el sistema de compresión.

Las Figuras 3 y 4 representan diagramas de flujo que muestran un método a modo de ejemplo del sistema 10. Por referencia a la Figura 3, la temperatura del fluido de proceso se mide en el sensor 44 (etapa 310) antes de que el

55 fluido de proceso entre en la primera etapa de compresión 14, y se transporta al controlador 76. El controlador 76 compara a continuación la temperatura medida con una temperatura de punto de ajuste (etapa 320). Si la temperatura del fluido de proceso medida es menor que la temperatura de punto de ajuste, el controlador 76 hace que la válvula 38 dirija el fluido de proceso a través de un primer intercambiador de calor 40 (etapa 330), que calienta el fluido de proceso. Por el contrario, si la temperatura del fluido de proceso medida que se recibe es

60 superior a la temperatura de punto de ajuste, el controlador 76 hace que la válvula 38 dirija el fluido de proceso al conducto de derivación 42, que se salta el intercambiador de calor 40 (etapa 340). Las etapas indicadas en este párrafo se repiten periódicamente, a medida que el fluido de proceso continúa fluyendo a la primera etapa de compresión 14.

65 Por referencia a la Figura 4, la temperatura del fluido de proceso que sale de la primera etapa de compresión 14 se mide mediante el sensor de temperatura 47 (etapa 350). A continuación, el controlador 76 compara la temperatura

del fluido de proceso con una temperatura de ajuste (etapa 360). Si la temperatura del fluido de proceso medida es superior a la temperatura de punto de ajuste, el controlador 76 hace que la válvula 46 dirija el fluido de proceso a través del intercambiador de calor 48 (etapa 380) para que se enfríe antes de pasar a la segunda etapa de compresión 16. Si la temperatura del fluido de proceso recibida por la válvula 46 es igual o inferior a la temperatura de punto de ajuste (u, opcionalmente, inferior a la temperatura de punto de ajuste) el controlador 76 da instrucciones a la válvula 46 para transportar el fluido de proceso al conducto de derivación 50, que se salta el intercambiador de calor 48 (etapa 370).

El controlador 76 se programa preferentemente para evitar una operación innecesariamente frecuente de la válvula 38 después de llevar a cabo la etapa 320. Por ejemplo, se podría programar el controlador 76 para que no cambie la posición de la válvula 38 a menos que la temperatura del fluido de proceso, según se mide en la etapa 310, cambie en una cantidad mínima predeterminada con respecto a la medida de temperatura previa. El controlador 76 se programa preferentemente para evitar una operación innecesariamente frecuente de la válvula 46 después de llevar a cabo la etapa 360. Por ejemplo, se podría programar el controlador 76 para que no cambie la posición de la válvula 46 a menos que la temperatura del fluido de proceso, según se mide en la etapa 350, cambie en una cantidad mínima predeterminada con respecto a la medida de temperatura previa. En un sistema de etapas múltiples (tal como el sistema 10), las etapas 350, 360, 370 y 380 se llevan a cabo entre cada una de las etapas de compresión. Además, el método que se ilustra en las Figuras 3 y 4 y que se describe en el presente documento es igualmente aplicable al sistema 110.

También se debería entender que se pretende que las temperaturas de punto de ajuste que se describen en el presente documento en conexión con los sistemas 10, 110 y los métodos de operación de los sistemas 10, 110 sean un ejemplo de un criterio de temperatura usado por el controlador 76, 176 para determinar la forma en la que el fluido de proceso se distribuye entre los intercambiadores de calor y los conductos de derivación - en consonancia con el objetivo de permitir que el sistema 10, 110 opere durante el período transitorio sin la ventilación del fluido de proceso. Usando el intercambiador de calor 48 del sistema 10 como ejemplo, se supone que la temperatura del fluido de proceso en el sensor de temperatura 47 cuando el sistema 10 alcanza las condiciones de operación en estado estacionario es $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para permitir que el sistema 10 funcione durante el período de transición sin la ventilación del fluido de proceso, se podría configurar el controlador 76 para que haga que la válvula 46 dirija la totalidad del fluido de proceso a través del intercambiador de calor 48 si la temperatura del fluido de proceso (según se mide en el sensor 47) es mayor que una temperatura de punto de ajuste de $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, y dirija la totalidad del fluido de proceso a través del conducto de derivación 50 si la temperatura medida es igual o inferior a la temperatura de punto de ajuste. En este ejemplo, el criterio de temperatura es igual que la temperatura de punto de ajuste.

Alternativamente, se podría configurar el controlador 76 para histéresis. Por ejemplo, se podría configurar el controlador 76 para que haga que la válvula 46 dirija la totalidad del fluido de proceso a través del intercambiador de calor 48 si la temperatura del fluido de proceso (según se mide en el sensor 47) es superior en cinco o más grados a la temperatura de punto de ajuste de $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ y dirija la totalidad del fluido de proceso a través del conducto de derivación 50 si la temperatura medida es inferior en cinco o más grados a la temperatura de punto de ajuste. Si la temperatura medida está dentro de un intervalo de 10 grados de la temperatura de punto de ajuste (5 grados por encima y por debajo), el controlador 76 simplemente mantiene la posición existente de la válvula 46. En este caso, el criterio de temperatura es una lectura de temperatura que se aparta de la temperatura de punto de ajuste en al menos cinco grados.

Como se ha indicado anteriormente, el controlador 76 también podría ser un controlador PID. Por ejemplo, el controlador 76 se podría configurar para distribuir el fluido de proceso entre el intercambiador de calor 48 y el conducto de derivación 50 de modo que se pretenda mantener la temperatura del fluido de proceso dentro de un intervalo de temperatura deseado.

Aunque se han descrito aspectos de la presente invención en conexión con las realizaciones preferentes de las diversas figuras, se ha de entender que se pueden usar otras realizaciones similares o se pueden realizar modificaciones y adiciones a la realización descrita para llevar a cabo la misma función de la presente invención sin desviarse de la misma. La invención reivindicada, por lo tanto, no se debería ver limitada por ninguna realización individual, sino que en su lugar se debería interpretar en amplitud y alcance de acuerdo con las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de compresión de fluido para la compresión de un fluido, comprendiendo el sistema de compresión de fluido (10; 110):

- 5 (a) un primer intercambiador de calor (82; 182) para proporcionar intercambio de calor entre un primer refrigerante y un disipador de calor externo;
 (b) un segundo intercambiador de calor (40; 140) para proporcionar el calentamiento de un fluido de un tanque (12) por intercambio de calor con el primer refrigerante;
 10 (c) un compresor multietapa que comprende:

(c1) una primera etapa de compresión (14; 114) dispuesta operativamente para recibir el fluido del segundo intercambiador de calor (40; 140);

15 (c2) al menos uno de (i) un tercer intercambiador de calor (48; 148) para proporcionar el enfriamiento de al menos una parte del fluido que sale de la primera etapa de compresión (14; 114) por intercambio de calor con el primer refrigerante y (ii) una primera camisa de refrigeración (196) para proporcionar el enfriamiento del fluido en la primera etapa de compresión (114) por intercambio de calor con el primer refrigerante; y

20 (c3) una segunda etapa de compresión (16; 116) dispuesta operativamente para recibir al menos una parte del fluido de la primera etapa de compresión (14; 114); y

(d) un primer bucle de refrigerante (80; 180) dispuesto operativamente para hacer circular el primer refrigerante a través del primer intercambiador de calor (82; 182), el segundo intercambiador de calor (40; 140), y el al menos uno del tercer intercambiador de calor (48; 148) y la primera camisa de refrigeración (196).

25 2. El sistema de compresión de fluido de la reivindicación 1 que comprende además:

(e) una primera válvula (38; 138) para recibir el fluido desde el tanque (12);

(f) un primer conducto de derivación (42; 142) para transportar opcionalmente el fluido desde el tanque (12) sin que el fluido pase a través del segundo intercambiador de calor (40; 140);

30 donde la primera válvula (38; 138) se dispone operativamente para distribuir el fluido al segundo intercambiador de calor y al primer conducto de derivación;

(g) un primer sensor de temperatura (44; 144) dispuesto operativamente para medir la temperatura del fluido que entra en la primera etapa de compresión (14; 114); y

35 (h) un controlador (76; 176) en comunicación de señal con el primer sensor de temperatura (44; 144), configurado el controlador para hacer que la primera válvula (38; 138) distribuya al menos una parte del fluido al segundo intercambiador de calor cuando el primer sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el primer sensor de temperatura es menor que un primer criterio de temperatura (320) que puede ser en particular una primera temperatura de punto de ajuste, y para hacer que la primera válvula distribuya al menos

40 una parte del fluido al primer conducto de derivación cuando el primer sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el primer sensor de temperatura es mayor que el primer criterio de temperatura (320).

3. El sistema de compresión de fluido de la reivindicación 1 o 2 que comprende además:

una segunda válvula (46; 146) para recibir el fluido desde la primera etapa de compresión (14; 114);

45 un segundo conducto de derivación (50; 150) para transportar opcionalmente el fluido desde la primera etapa de compresión sin que el fluido pase a través del tercer intercambiador de calor (48; 148); y

un segundo sensor de temperatura (47; 147) dispuesto operativamente para medir la temperatura del fluido que sale de la primera etapa de compresión;

50 donde la segunda válvula se dispone operativamente para distribuir el fluido al tercer intercambiador de calor y al segundo conducto de derivación; y

donde el controlador (76; 176) está en comunicación de señal con el segundo sensor de temperatura (47; 147) y configurado para hacer que la segunda válvula (46; 146) distribuya al menos una parte del fluido al tercer intercambiador de calor cuando el segundo sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el segundo sensor de temperatura es mayor que un segundo criterio de temperatura (360) que puede ser en particular una segunda temperatura de punto de ajuste, y para hacer que la segunda válvula distribuya al menos

55 una parte del fluido al segundo conducto de derivación cuando el segundo sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el segundo sensor de temperatura es menor que el segundo criterio de temperatura (360).

60 4. El sistema de compresión de fluido de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde el compresor multietapa comprende además

una tercera etapa de compresión (18; 118) dispuesta operativamente para recibir al menos una parte del fluido desde la segunda etapa de compresión (16; 116); y

65 al menos uno de (i) un cuarto intercambiador de calor (60; 160) para proporcionar el enfriamiento de al menos una parte del fluido que sale de la segunda etapa de compresión por intercambio de calor con el primer

refrigerante, y (ii) una segunda camisa de refrigeración (197) para proporcionar el enfriamiento del fluido en la segunda etapa de compresión (16; 116) por intercambio de calor con el primer refrigerante; y

5 donde el primer bucle de refrigerante (80; 180) se dispone operativamente además para hacer circular el primer refrigerante a través de al menos uno del cuarto intercambiador de calor y la segunda camisa de refrigeración.

5. El sistema de compresión de fluido de la reivindicación 4, donde el compresor multietapa comprende además

10 un tercer conducto de derivación (58; 158) para transportar opcionalmente el fluido desde la segunda etapa de compresión (16; 116) a la tercera etapa de compresión (18; 118) sin que el fluido pase a través del cuarto intercambiador de calor (60; 160);

una tercera válvula (56; 156) para recibir el fluido desde la segunda etapa de compresión; y

15 un tercer sensor de temperatura (54; 154) dispuesto operativamente para medir la temperatura del fluido que sale de la segunda etapa de compresión; y

donde el controlador (76; 176) está además en comunicación de señal con el tercer sensor de temperatura (54; 154), configurado el controlador para hacer que la tercera válvula (56; 156) distribuya al menos una parte del fluido al cuarto intercambiador de calor (60; 160) cuando el tercer sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el tercer sensor de temperatura es mayor que un tercer criterio de temperatura que puede ser en particular una tercera temperatura de punto de ajuste, y para hacer que la tercera válvula distribuya al menos una parte del fluido al tercer conducto de derivación (58; 158) cuando el tercer sensor de temperatura detecta que la temperatura medida por el tercer sensor de temperatura es menor que el tercer criterio de temperatura.

25 6. El sistema de compresión de fluido de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 que comprende además:

un quinto intercambiador de calor (194) para proporcionar intercambio de calor entre un segundo refrigerante y un segundo disipador de calor externo;

30 donde el compresor multietapa comprende además un sexto intercambiador de calor (191) para proporcionar el enfriamiento de al menos una parte del fluido que sale de la primera etapa de compresión (116) por intercambio de calor con el segundo refrigerante; y

un segundo bucle de refrigerante (190) dispuesto operativamente para hacer circular el segundo refrigerante a través del quinto intercambiador de calor (194) y el sexto intercambiador de calor (191).

35 7. El sistema de compresión de fluido de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además:

una primera derivación de presión (64, 70, 74; 164, 170, 174) dispuesta operativamente para permitir que una parte del fluido que ha pasado a través de la primera etapa de compresión se salte la segunda etapa de compresión.

40 8. El sistema de compresión de fluido de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde el disipador de calor externo es aire ambiente.

45 9. Método para la compresión de un fluido suministrado desde de un recipiente de almacenamiento criogénico (12), comprendiendo el método:

(a) hacer circular un primer refrigerante a través de un primer intercambiador de calor (82; 182), un segundo intercambiador de calor (40; 140), y al menos uno de un tercer intercambiador de calor (48; 148) y una primera camisa de refrigeración (196);

50 (b) calentar el fluido haciendo pasar al menos una parte del fluido al segundo intercambiador de calor (40; 140) para intercambiar calor con el primer refrigerante enfriando de ese modo el primer refrigerante;

(c) comprimir el fluido de la etapa (b) en una primera etapa de compresión (14; 114) de un compresor multietapa; y

55 (d) comprimir además al menos una parte del fluido de la primera etapa de compresión en una segunda etapa de compresión (16; 116) del compresor multietapa;

donde el primer refrigerante se hace circular en el primer intercambiador de calor (82; 182) para intercambiar calor con un disipador de calor externo; y

60 donde al menos uno de (i) el fluido se enfría por intercambio de calor con el primer refrigerante que fluye a través de la primera camisa de refrigeración (196) durante la etapa (c) y (ii) al menos una parte del fluido se hace pasar al tercer intercambiador de calor (48; 148) y se enfría por intercambio de calor con el primer refrigerante en el tercer intercambiador de calor después de la etapa (c) y antes de la etapa (d).

10. El método de la reivindicación 9 que comprende además:

comprimir además al menos una parte del fluido de la segunda etapa de compresión (16; 116) en una tercera etapa de compresión (18; 118) del compresor multietapa; y
 5 donde al menos uno de (i) el fluido se enfría por intercambio de calor con el primer refrigerante que fluye a través de una segunda camisa de refrigeración (197) durante la etapa (d) y (ii) al menos una parte del fluido se hace pasar a un cuarto intercambiador de calor (60; 160) y se enfría por intercambio de calor con el primer refrigerante en el cuarto intercambiador de calor después de la etapa (d) donde el primer refrigerante se hace circular a través el cuarto intercambiador de calor.

11. El método de la reivindicación 9 o 10 que comprende además:

medir la temperatura del fluido antes de entrar en la primera etapa de compresión (14; 114); y ajustar la cantidad de fluido que pasa al segundo intercambiador de calor (40; 140) para calentar más fluido cuando la temperatura del fluido medida antes de entrar en la primera etapa de compresión es menor que un primer criterio de temperatura (320), y para calentar menos fluido cuando la temperatura del fluido medida antes de entrar en la primera etapa de compresión es mayor que el primer criterio de temperatura (320).

12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11 que comprende además:

medir la temperatura del fluido después de pasar a través de la primera etapa de compresión (14; 114);
 20 ajustar la cantidad del fluido que pasa al tercer intercambiador de calor (48; 148) para enfriar más fluido cuando la temperatura del fluido medida después de pasar a través de la primera etapa de compresión es mayor que un segundo criterio de temperatura (360) y para enfriar menos fluido cuando la temperatura del fluido medida después de pasar a través de la primera etapa de compresión es menor que el segundo criterio de temperatura (360).

13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12 que comprende además:

medir la temperatura del fluido después de pasar a través de la segunda etapa de compresión (16; 116);
 30 ajustar la cantidad del fluido que pasa a un cuarto intercambiador de calor (60; 160) para enfriar más fluido cuando la temperatura del fluido medida después de pasar a través de la segunda etapa de compresión es mayor que un tercer criterio de temperatura y para enfriar menos fluido cuando la temperatura del fluido medida después de pasar a través de la segunda etapa de compresión es menor que el tercer criterio de temperatura;
 35 donde el primer refrigerante también se hace circular a través el cuarto intercambiador de calor (60; 160).

14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13 que comprende además:

hacer circular un segundo refrigerante a través de un quinto intercambiador de calor (194) y un sexto intercambiador de calor (191);
 40 donde el segundo refrigerante se hace circular en el quinto intercambiador de calor para intercambiar calor con un segundo disipador de calor externo; y
 donde el fluido se hace pasar al sexto intercambiador de calor y se enfría por intercambio de calor con el segundo refrigerante en el sexto intercambiador de calor después de la etapa (c) y antes de la etapa (d).

15. Método para la compresión de un fluido, comprendiendo el método:

(a) proporcionar el sistema de compresión de fluido (10; 110) de la reivindicación 1;
 50 (b) hacer circular el primer refrigerante a través del primer intercambiador de calor (82; 182), el segundo intercambiador de calor (40; 140), y al menos uno del tercer intercambiador de calor (48; 148) y la primera camisa de refrigeración (196);
 (c) calentar el fluido haciendo pasar al menos una parte del fluido al segundo intercambiador de calor (40; 140) para intercambiar calor con el primer refrigerante enfriando de ese modo el primer refrigerante;
 55 (d) comprimir el fluido de la etapa (c) en la primera etapa de compresión (14; 114) del compresor multietapa; y
 (e) comprimir además al menos una parte del fluido de la primera etapa de compresión en la segunda etapa de compresión (16; 116) de el compresor multietapa;

donde el primer refrigerante se hace circular en el primer intercambiador de calor (82; 182) para intercambiar calor con el disipador de calor externo; y

60 donde al menos uno de (i) el fluido se enfría por intercambio de calor con el primer refrigerante que fluye a través de la primera camisa de refrigeración (196) durante la etapa (d) y (ii) al menos una parte del fluido se hace pasar al tercer intercambiador de calor (48; 148) y se enfría por intercambio de calor con el primer refrigerante en el tercer intercambiador de calor después de la etapa (d) y antes de la etapa (e).

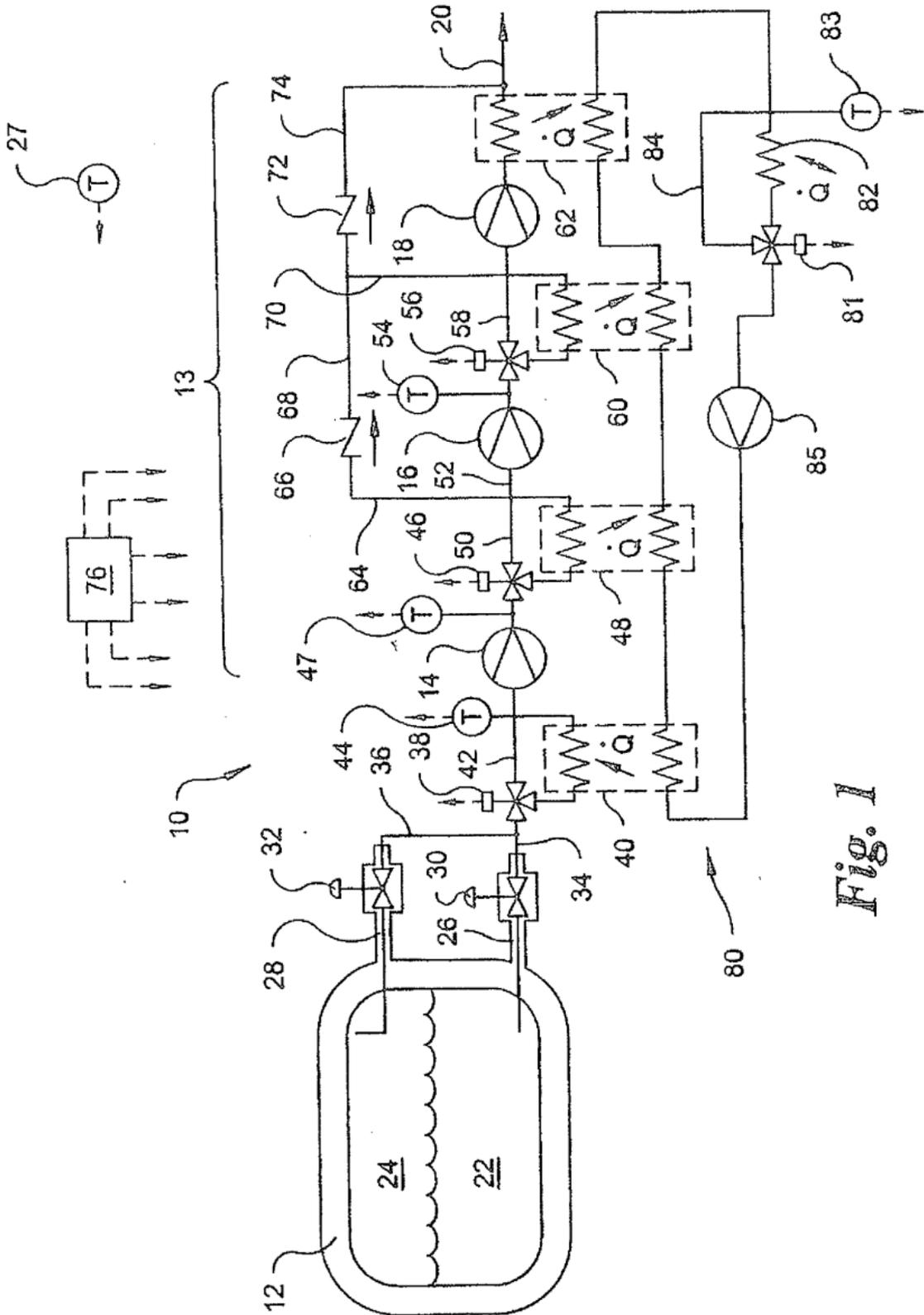


Fig. 1

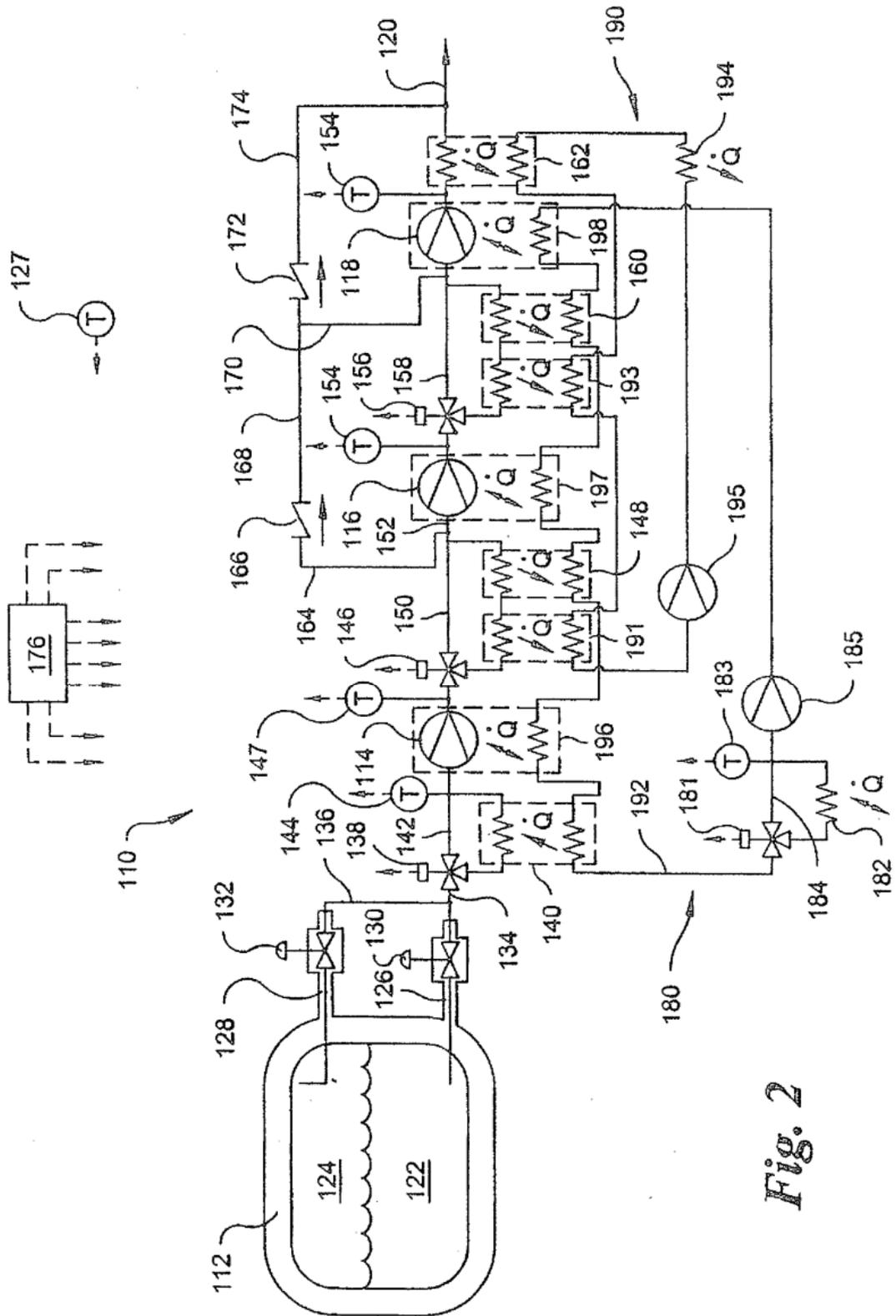


Fig. 2

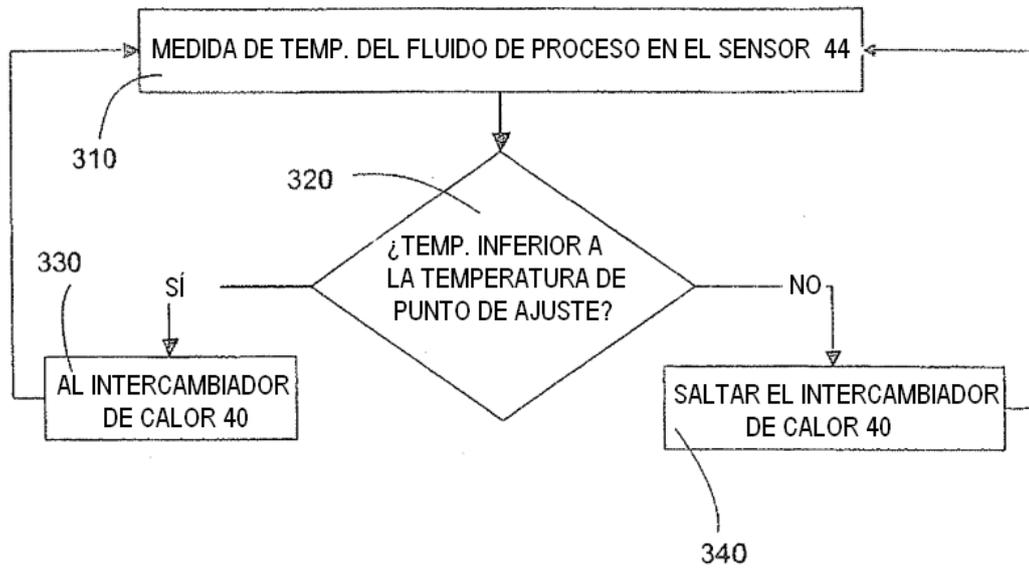


Fig. 3

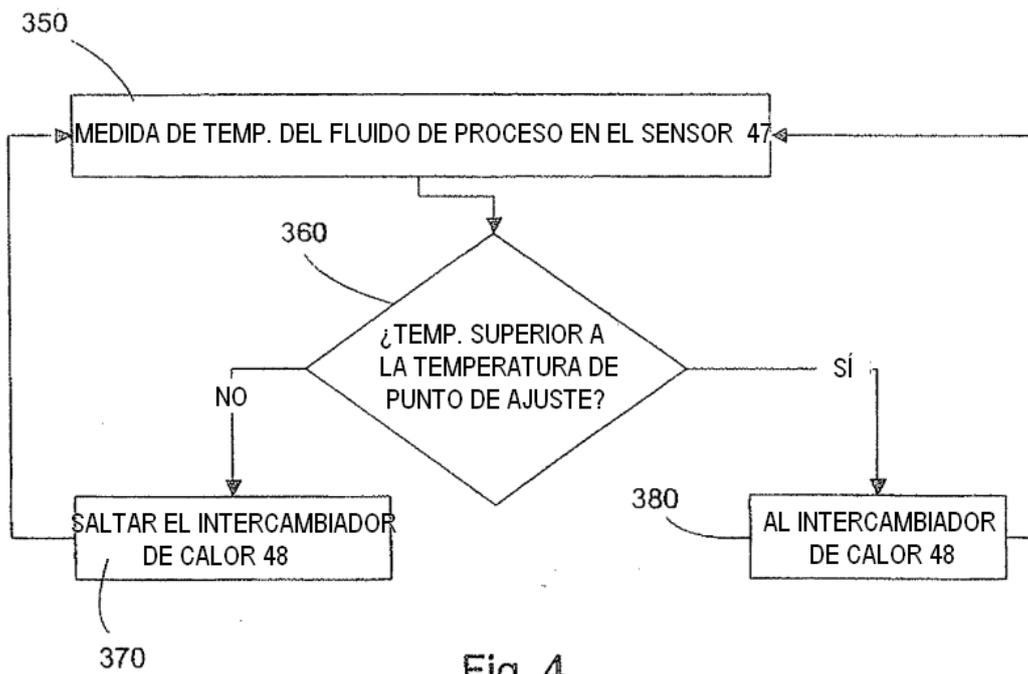


Fig. 4