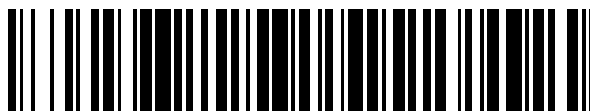


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 760 250**

51 Int. Cl.:

F17C 7/02 (2006.01)

F17C 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.09.2014 PCT/US2014/055173**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.03.2015 WO15038760**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2014 E 14780925 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019 EP 3044496**

54 Título: **Sistema y método de suministro de fluido criogénico con baja pérdida**

30 Prioridad:
13.09.2013 US 201314026760

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.05.2020

73 Titular/es:
**AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC. (100.0%)
7201 Hamilton Boulevard
Allentown, US**

72 Inventor/es:
WITTE, THOMAS GERARD

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 760 250 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y método de suministro de fluido criogénico con baja pérdida

5 ANTECEDENTES

La presente solicitud se relaciona con un sistema de suministro de fluido criogénico con pérdida reducida o minimizada de fluido criogénico. Más específicamente, la presente solicitud se relaciona con un sistema de suministro de fluido criogénico del tipo que se usa en general para suministrar oxígeno medicinal de manera intermitente y en el que la pérdida de fluido criogénico se reduce considerablemente con respecto a las pérdidas que presenta un sistema tradicional.

En un sistema tradicional de suministro de fluido criogénico, el criógeno se suministra desde un tanque que contiene el criógeno líquido, además de vapor de criógeno en el espacio por encima del líquido. En general, el líquido se retira desde la parte inferior del tanque y se vaporiza para el uso final. Por ejemplo, los sistemas tradicionales como este con frecuencia se usan para suministrar oxígeno medicinal desde un tanque o un depósito Dewar. No obstante, debido a que muchos usos son intermitentes, un sistema tradicional puede experimentar pérdidas considerables de criógeno cuando el uso final se discontinúa por un tiempo. En particular, cualquier líquido criógeno que permanezca en las líneas de suministro y en el vaporizador toma calor del entorno y a medida que el aumento de presión empuja algo del líquido remanente hacia el tanque, también algo de ese calor ingresa al tanque. Esto provoca que aumente la presión dentro del tanque. Por último, es necesario ventilar el tanque para liberar algo del exceso de presión acumulada, lo que da como resultado una pérdida de criógeno. Un objetivo del sistema y el método que se describen en la presente es solucionar este problema de los sistemas convencionales.

En la patente estadounidense US2011/023501A1 se describen un método y un sistema para el suministro confiable de gas helio de pureza ultraalta (UHP) y el mantenimiento del inventario exclusivo en el sitio, donde se usan varios contenedores ISO en los que el helio UHP vaporizado en los contenedores ISO en reposo acumula presión en los contenedores ISO conectados a la línea.

COMPENDIO

En un aspecto de la presente invención, se provee un sistema de suministro de fluido criogénico con baja pérdida que incluye al menos un tanque principal de fluido criogénico y un tanque de reserva de fluido criogénico. El tanque principal tiene una salida de gas, una salida de líquido, un circuito de acumulación de presión y un respiradero configurado para desagotar la presión del tanque principal a una primera presión P1, el circuito de acumulación de presión está configurado para acumular presión en el tanque principal si la presión en el tanque principal Pm desciende a una segunda presión P2 menor que la primera presión P1. El tanque de reserva tiene una salida de gas, una salida de líquido, un circuito de acumulación de presión y un respiradero configurado para desagotar la presión del tanque de reserva a la primera presión P1, el circuito de acumulación de presión está configurado para acumular presión en el tanque de reserva si la presión en el tanque de reserva Pb desciende por debajo de la segunda presión P2. Se conecta una línea de suministro de gas a la salida de gas del tanque principal con un regulador de presión configurado para suministrar gas a una conexión a una tercera presión P3 mayor o igual que la segunda presión P2 y menor que la primera presión P1. Una línea principal de suministro de líquido tiene un intercambiador térmico para vaporizar el líquido de la salida de líquido del tanque principal y un regulador de presión configurado para suministrar el líquido vaporizado a la conexión a una cuarta presión P4 menor que la tercera presión P3. Una línea de suministro de líquido de reserva tiene un intercambiador térmico para vaporizar el líquido de la salida de líquido del tanque de reserva y un regulador de presión configurado para suministrar el líquido vaporizado a la conexión a una quinta presión P5 menor que la cuarta presión P4. Un regulador de contrapresión del tanque de reserva se configura para permitir el flujo de gas desde la salida de gas del tanque de reserva hasta un punto en la línea de suministro de gas aguas arriba del regulador de presión de la línea de suministro de gas a una sexta presión P6 mayor que la tercera presión P3 y menor que la primera presión P1. Una línea de suministro de salida se configura para hacer fluir gas desde la conexión y tiene un regulador de presión para punto de uso configurado para suministrar gas a una presión de uso final Pu menor que la quinta presión P5.

En una realización del sistema, el tanque de reserva tiene un interruptor de nivel bajo. En otra realización del sistema, se coloca un intercambiador térmico en la línea de suministro de gas aguas arriba del regulador de presión de la línea de suministro de gas. En incluso otra realización del sistema, el criógeno es oxígeno. En incluso otra realización más del sistema, el criógeno es nitrógeno.

En otro aspecto de la presente invención, se provee un método para minimizar la pérdida de fluido criogénico en un sistema de suministro de fluido criogénico que usa al menos un tanque principal de fluido criogénico que tiene una presión interna Pm y un tanque de reserva de fluido criogénico que tiene una presión interna Pb. El método incluye ventilar el tanque principal cuando la presión interna Pm del tanque principal es mayor que una primera presión P1, al vaporizar líquido criogénico y regresar el líquido criogénico vaporizado al al menos un tanque principal cuando la presión interna Pm del tanque principal es menor que una segunda presión P2, donde P2 es menor que P1, al ventilar el tanque de reserva cuando la presión interna Pb del tanque de reserva es mayor que la primera presión P1, y al vaporizar el líquido criogénico y regresar el líquido criogénico vaporizado al tanque de reserva cuando la presión interna Pb del tanque de reserva es menor que la segunda presión P2. El gas criogénico se suministra desde el tanque principal a una conexión a una presión menor o igual que una tercera presión P3, donde P3 es

mayor o igual que P2. El líquido criogénico se hace fluir desde el tanque principal, vaporizado, y se suministra a la conexión a una presión menor o igual que una cuarta presión P4 cuando la presión en la conexión cae por debajo de P4. El líquido criogénico se hace fluir desde el tanque de reserva, vaporizado, y se suministra a la conexión a una presión menor o igual que una quinta presión P5 cuando la presión en la conexión cae por debajo de P5. El gas criogénico se hace fluir desde el tanque de reserva cuando la presión interna P_b del tanque de reserva es mayor que una sexta presión P6 y mayor que la presión interna P_m del tanque principal, donde P6 es mayor que P3 y menor que P1. El gas criogénico se suministra desde la conexión a un punto de uso a una presión de uso final P_u menor que la quinta presión P5.

En una realización, el método incluye además proveer una señal de alarma cuando un nivel del líquido criogénico en el tanque de reserva cae por debajo de un nivel predeterminado. En otra realización, el método incluye además calentar el gas criogénico en la línea principal de suministro de gas. En incluso otra realización, el criógeno que se usa en el método es oxígeno.

En incluso otra realización más del sistema, el criógeno es nitrógeno.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

En la Figura 1 se muestra una vista esquemática de una realización del sistema de suministro de fluido criogénico con baja pérdida que no corresponde a la presente invención.

En la Figura 2 se muestra una vista esquemática de una realización del sistema de suministro de fluido criogénico con baja pérdida que corresponde a la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

En la Figura 1 se muestra una realización de un sistema de suministro de fluido criogénico con baja pérdida 10. Aunque uno de los usos con importancia comercial de tal sistema 10 es suministrar oxígeno medicinal, dicho sistema 10 también se puede usar para suministrar cualquier otro fluido que se pueda transportar, almacenar y administrar en forma criogénica incluso, a título informativo y no taxativo, nitrógeno, argón y helio. El sistema 10 incluye al menos un tanque principal 50 de fluido criogénico. El sistema 10 puede funcionar bien tanto con uno como dos, tres o más tanques principales 50 de fluido criogénico, de manera tal que la cantidad de tanques 50 se puede ajustar según la instalación específica y los requisitos de espacio.

El tanque principal 50 se opera a una presión interna P_m . La presión interna máxima del tanque principal se establece en una primera presión P1 mediante una válvula de respiradero 59. Un circuito de acumulación de presión 57, tal como se lo conoce en la técnica, funciona para aumentar la presión interna del tanque principal cuando esta cae por debajo de una segunda presión P2. Para instalaciones típicas de fluido criogénico, la primera presión (respiradero) P1 se establece en una presión de entre aproximadamente 200 PSIG (1,48 MPa) y aproximadamente 275 PSIG (2,00 MPa), y preferiblemente aproximadamente 250 PSIG (1,83 MPa), mientras que la segunda presión (circuito de acumulación de presión) P2 se establece en una presión de entre aproximadamente 140 PSIG (1,07 MPa) y aproximadamente 200 PSIG (1,48 MPa), y preferiblemente aproximadamente 160 PSIG (1,20 MPa). Cuando el tanque principal 50 no está suministrando fluido criogénico alguno, en general las fugas térmicas causan un aumento lento de la presión y si el valor de P_m alcanza el de P1, entonces la válvula de respiradero 59 se abrirá para liberar presión del tanque principal 50. Cuando el tanque principal 50 está suministrando fluido criogénico a una tasa de flujo elevada, el valor de P_m puede caer por debajo del valor de P2, momento en el cual el circuito de acumulación de presión 57 se activará y permanecerá activado hasta que el valor de P_m alcance el de P2.

El tanque principal 50 incluye una salida de gas 51 para suministrar gas o vapor criogénico y una salida de líquido 61 (a menudo en forma de un tubo de inmersión) para suministrar líquido criogénico.

Una línea de suministro de gas 55 se conecta a la salida de gas 51 del tanque principal. Un regulador de presión 54 en la línea de suministro de gas 55 reduce la presión a una tercera presión P3, que se suministra a la conexión 70. La tercera presión P3 es mayor o igual que la segunda presión P2 (acumulación de presión). La tercera presión P3 se establece en un valor de entre aproximadamente 140 PSIG (1,07 MPa) y aproximadamente 190 PSIG (1,41 MPa), y preferiblemente aproximadamente 160 PSIG (1,20 MPa). Se puede colocar una válvula de retención 56 aguas abajo del regulador de presión 54 y aguas arriba de la conexión 70 para impedir el reflujo hacia la línea de suministro de gas 55.

Una línea principal de suministro de líquido 65 se conecta a la salida de gas 61 del tanque principal. Se coloca un intercambiador térmico 62 aguas abajo de la salida de líquido 61 para vaporizar el líquido criogénico y calentar el gas o vapor criogénico resultante. Un regulador de presión 64 en la línea principal de suministro de líquido 65 reduce la presión a una cuarta presión P4, que se suministra a la conexión 70 cuando es necesario. La cuarta presión (suministro principal de líquido) P4 es menor que la tercera presión (suministro de gas) P3, de manera tal que el gas se suministra mediante la línea principal de suministro de líquido 65 solo cuando la línea de suministro de gas 55 no tiene presión suficiente para cumplir con los requisitos de flujo del uso final. Se puede colocar una válvula de retención 66 aguas abajo del regulador de presión 64 y aguas arriba de la conexión 70 para impedir el reflujo hacia la línea principal de suministro de gas 65. La cuarta presión P4 se establece en un valor de entre aproximadamente 120 PSIG (0,93 MPa) y aproximadamente 160 PSIG (1,20 MPa), y preferiblemente aproximadamente 140 PSIG

ES 2 760 250 T3

(1,07 MPa).

Una línea de suministro de salida 75 se conecta a la conexión 70 e incluye un regulador de presión para punto de uso 74 para reducir la presión del gas a una presión de uso final P_u adecuada para el uso final. La presión de uso final P_u es menor que la cuarta presión (suministro principal de líquido) P_4 . El uso final se establece en un valor de presión de entre aproximadamente 25 PSIG (0,27 MPa) y aproximadamente 100 PSIG (0,79 MPa), y preferiblemente aproximadamente 65 PSIG (0,60 MPa).

En síntesis, la relación entre los puntos de presión establecidos que se describen en lo que antecede en el sistema 10 son los que se detallan a continuación:

(a) $P_1 \geq P_m$, (b) $P_1 > P_3 \geq P_2$, y (c) $P_3 > P_4 > P_u$.

El sistema 10 puede incluir además un interruptor de nivel bajo 58 en el tanque principal 50 para alertar al operador de que el suministro de fluido criogénico es escaso.

El sistema 10 puede incluir además un intercambiador térmico 52 en la línea de suministro de gas 55 aguas arriba del regulador de presión de la línea de suministro de gas 54 para calentar el gas criogénico a una temperatura adecuada para el uso final.

En el uso, el sistema 10 minimiza la pérdida de fluido criogénico al funcionar según la secuencia siguiente. Primero, solo si el sistema 10 no está en uso por un período de tiempo prolongado, la presión del tanque principal P_m aumentará lo suficiente debido a la fuga térmica para que sea necesario ventilar el gas criogénico mediante el respiradero 59.

Luego, cuando se necesita gas en el punto de uso, el sistema 10 solo toma gas criogénico del tanque principal 50 a través de la línea de suministro de gas 55, siempre que el tanque principal 50 genere suficiente gas criogénico. Preferiblemente, este gas se calienta con el intercambiador térmico 52 a una temperatura adecuada para el uso final. Este gas se regula a una presión menor o igual que la tercera presión P_3 mediante el regulador de presión 54. Si el tanque principal 50 no genera suficiente gas a través de una fuga térmica natural, el circuito de acumulación de presión 57 opera para agregar calor al tanque principal 50 y así aumentar la presión P_m en el tanque principal 50 y mantenerla. Si el uso final se detiene cuando se toma solo gas del tanque principal 50, el gas criogénico que permanece en la línea de suministro de gas 55 tomará algo de calor, pero mucho menos que lo que tomaría un líquido criogénico, y muy poco de este calor regresará al tanque principal 50. En consecuencia, la pérdida resultante de criógeno se mantiene en un nivel muy bajo durante tal inactividad temporaria de la demanda en el uso final.

Luego, solo si la demanda en el uso final excede de la capacidad del circuito de acumulación de presión 57 del tanque principal para mantener la presión P_m del tanque principal, el sistema 10 toma líquido criogénico del tanque principal 50 a través de la línea principal de suministro de líquido 65 y vaporiza ese líquido en el intercambiador térmico 62. Cuando la presión P_m del tanque principal cae, el suministro de presión al regulador de presión 54 caerá lo suficiente para que la presión en la conexión 70 descienda por debajo de la tercera presión P_3 a la cuarta presión P_4 , y así permitir el flujo a través de la línea principal de suministro de líquido 65. El flujo continuará a través de la línea principal de suministro de líquido 65 siempre que la presión en la conexión 70 permanezca igual o menor que la cuarta presión P_4 , que es la salida del regulador de presión 64.

Al disminuir la demanda en la línea de suministro de gas 55, el circuito de acumulación de presión 57 puede restablecer la presión P_m en el tanque principal lo suficiente como para permitir que cese el flujo de la línea principal de suministro de líquido, cuando el tanque principal 50 todavía contiene una cantidad considerable de líquido criogénico. No obstante, cuando el nivel de líquido en el tanque principal 50 es bajo, el circuito de acumulación de presión 57 no podrá generar presión suficiente para volver al suministro solo de gas, y se continuará tomando líquido de la salida de líquido 61 ya que la presión en la conexión 70 permanece igual o menor que la cuarta presión P_4 .

Si el uso final se detiene cuando se toma tanto gas como líquido del tanque principal 50, algo de calor adicional regresará al tanque principal 50 a consecuencia del líquido que toma calor en la línea principal de suministro de líquido 65. No obstante, debido a la configuración del sistema 10, el líquido se tomaba porque la presión P_m del tanque principal era muy baja, y específicamente era menor que el punto establecido P_2 del circuito de acumulación de presión 57. En consecuencia, cualquier calor que regrese al tanque principal 50, y el aumento de presión resultante en el tanque principal 50, apenas restablecerá la presión P_m del tanque principal en el rango deseado (es decir, mayor o igual que P_2 y menor o igual que P_1) y es posible que el resultado sea una ventilación nula o mínima o una pérdida de criógeno nula o mínima.

Por último, cuando el nivel en el tanque principal 50 alcanza un punto que indica que se debe volver a llenar el tanque 50, el interruptor de nivel 58 dispara una alarma. En este punto, el circuito de acumulación de presión 57 estará funcionando de continuo y el criógeno fluirá a través de tanto la línea de suministro de gas 55 como la línea principal de suministro de líquido 65 a fin de cumplir con la demanda en el uso final.

En la Figura 2 se muestra una realización del sistema de suministro de fluido criogénico con baja pérdida 100 según la presente invención. El sistema 100 incluye al menos un tanque principal 50 de fluido criogénico y un tanque de reserva 20 de fluido criogénico. El sistema 100 puede funcionar bien tanto con uno como dos, tres o más tanques principales 50 de fluido criogénico, de manera tal que la cantidad de tanques 50 se puede ajustar según la instalación específica y los requisitos de espacio. Además, se puede usar más de un tanque de reserva 20 para brindar volumen de reserva adicional, aunque en general es suficiente un tanque de respaldo 20.

El tanque principal 50 se opera a una presión interna P_m . La presión interna máxima del tanque principal se establece en una primera presión P_{1m} mediante una válvula de respiradero 59. Un circuito de acumulación de presión 57, tal como se lo conoce en la técnica, funciona para aumentar la presión interna del tanque principal cuando esta cae por debajo de una segunda presión P_{2m} . Para instalaciones típicas de fluido criogénico, la primera presión (respiradero) P_{1m} se establece en una presión de entre aproximadamente 200 PSIG (1,48 MPa) y aproximadamente 275 PSIG (2,00 MPa), y preferiblemente aproximadamente 250 PSIG (1,83 MPa), mientras que la segunda presión (circuito de acumulación de presión) P_{2m} se establece en una presión de entre aproximadamente 140 PSIG (1,07 MPa) y aproximadamente 200 PSIG (1,48 MPa), y preferiblemente aproximadamente 160 PSIG (1,20 MPa). Cuando el tanque principal 50 no está suministrando fluido criogénico alguno, en general las fugas térmicas causan un aumento lento de la presión y si el valor de P_m alcanza el de P_{1m} , entonces la válvula de respiradero 59 se abrirá para liberar presión del tanque principal 50. Cuando el tanque principal 50 está suministrando fluido criogénico a una tasa de flujo elevada, el valor de P_m puede caer por debajo del valor de P_{2m} , momento en el cual el circuito de acumulación de presión 57 se activará y permanecerá activado hasta que el valor de P_m alcance el de P_{2m} .

El tanque principal 50 incluye una salida de gas 51 para suministrar gas o vapor criogénico y una salida de líquido 61 (a menudo en forma de un tubo de inmersión) para suministrar líquido criogénico.

El tanque de reserva 20 se opera a una presión interna P_b . La presión interna máxima del tanque de reserva se establece en una primera presión P_{1b} mediante una válvula de respiradero 29. Un circuito de acumulación de presión 27, tal como se lo conoce en la técnica, funciona para aumentar la presión interna del tanque principal cuando esta cae por debajo de una segunda presión P_{2b} . Cuando el tanque de reserva 20 no está suministrando fluido criogénico alguno, en general las fugas térmicas causan un aumento lento de la presión y si el valor de P_b alcanza el de P_{1b} , entonces la válvula de respiradero 29 se abrirá para liberar presión del tanque de reserva 20. Cuando el tanque de reserva 20 está suministrando fluido criogénico a una tasa de flujo elevada, el valor de P_b puede caer por debajo del valor de P_{2b} , momento en el cual el circuito de acumulación de presión 27 se activará y permanecerá activado hasta que el valor de P_b alcance el de P_{2b} .

En general, P_{1b} será aproximadamente igual que P_{1m} , y P_{2b} será aproximadamente igual que P_{2m} ; por ende, a menudo P_{1b} y P_{1m} se mencionan en la presente como P_1 , y P_{2b} y P_{2m} con frecuencia se mencionan en la presente como P_2 .

El tanque de reserva 20 incluye una salida de gas 21 y un regulador de contrapresión 24 del tanque de reserva que permite el flujo de gas desde la salida de gas 21 a una sexta presión P_6 , donde P_6 es mayor que la segunda presión P_2 y menor que la primera presión P_1 . El regulador de contrapresión 24 ayuda a disminuir la pérdida de fluido criogénico al ventilar desde el tanque de reserva 20 en lugar de poner gas criogénico a disposición para usar mediante la salida de gas 21 cuando la presión interna P_b del tanque de reserva es mayor que la presión P_2 del circuito de acumulación de presión, pero menor que la presión P_1 de ventilación. La presión P_6 del regulador de contrapresión se establece en un valor de entre aproximadamente 160 PSIG (1,20 MPa) y aproximadamente 225 PSIG (1,65 MPa), y preferiblemente aproximadamente 200 PSIG (1,48 MPa).

Una línea de suministro de gas 55 se conecta a la salida de gas 51 del tanque principal y también se conecta al lado aguas abajo del regulador de contrapresión 24 del tanque de reserva en una conexión 26. Se puede colocar un intercambiador térmico 52 aguas abajo de la conexión 26 para calentar el gas criogénico que fluye de los tanques 20 y 50 a una temperatura apta para su uso. Un regulador de presión 54 en la línea de suministro de gas 55 reduce la presión a una tercera presión P_3 , que se suministra a la conexión 70. La tercera presión P_3 es mayor o igual que la segunda presión P_2 (acumulación de presión) y menor que la sexta presión P_6 (regulador de contrapresión del tanque de reserva). La tercera presión P_3 se establece en un valor de entre aproximadamente 140 PSIG (1,07 MPa) y aproximadamente 190 PSIG (1,41 MPa), y preferiblemente aproximadamente 160 PSIG (1,20 MPa). Se puede colocar una válvula de retención 56 aguas abajo del regulador de presión 54 y aguas arriba de la conexión 70 para impedir el reflujo hacia la línea de suministro de gas 55.

Una línea principal de suministro de líquido 65 se conecta a la salida de gas 61 del tanque principal. Se coloca un intercambiador térmico 62 aguas abajo de la salida de líquido 61 para vaporizar el líquido criogénico y calentar el gas o vapor criogénico resultante. Un regulador de presión 64 en la línea principal de suministro de líquido 65 reduce la presión a una cuarta presión P_4 , que se suministra a la conexión 70 cuando es necesario. La cuarta presión (suministro principal de líquido) P_4 es menor que la tercera presión (suministro de gas) P_3 , de manera tal que el gas se suministra mediante la línea principal de suministro de líquido 65 solo cuando la línea de suministro de gas 55 no tiene presión suficiente para cumplir con los requisitos de flujo del uso final. Se puede colocar una válvula de

ES 2 760 250 T3

retención 66 aguas abajo del regulador de presión 64 y aguas arriba de la conexión 70 para impedir el refluo hacia la línea principal de suministro de líquido 65. La cuarta presión P4 se establece en un valor de entre aproximadamente 120 PSIG (0,93 MPa) y aproximadamente 160 PSIG (1,20 MPa), y preferiblemente aproximadamente 140 PSIG (1,07 MPa).

Una línea de reserva de suministro de líquido 35 se conecta a la salida de gas 31 del tanque de reserva. Se coloca un intercambiador térmico 32 aguas abajo de la salida de líquido 31 para vaporizar el líquido criogénico y calentar el gas o vapor criogénico resultante. Un regulador de presión 34 en la línea de reserva de suministro de líquido 35 reduce la presión a una quinta presión P5, que se suministra a la conexión 70 cuando es necesario. La quinta presión (suministro de reserva de líquido) P5 es menor que la cuarta presión (suministro principal de líquido) P4, de manera tal que el gas se suministra mediante la línea de reserva de suministro de líquido 35 solo cuando el tanque principal, a través de la línea de suministro de gas 55 y la línea principal de suministro de líquido 65, no tiene presión suficiente para cumplir con los requisitos de flujo del uso final. Se puede colocar una válvula de retención 36 aguas abajo del regulador de presión 34 y aguas arriba de la conexión 70 para impedir el refluo hacia la línea de reserva de suministro de líquido 35. La quinta presión P5 se establece en un valor de entre aproximadamente 100 PSIG (0,79 MPa) y aproximadamente 140 PSIG (1,07 MPa), y preferiblemente aproximadamente 120 PSIG (0,93 MPa).

Una línea de suministro de salida 75 se conecta a la conexión 70 e incluye un regulador de presión para punto de uso 74 para reducir la presión del gas a una presión de uso final Pu adecuada para el uso final. La presión de uso final Pu es menor que la quinta presión (suministro de reserva de líquido) P5. La presión de uso final se establece en un valor de presión de entre aproximadamente 25 PSIG (0,27 MPa) y aproximadamente 100 PSIG (0,79 MPa), y preferiblemente aproximadamente 65 PSIG (0,60 MPa).

En síntesis, la relación entre los puntos de presión establecidos que se describen en lo que antecede en el sistema 100 son los que se detallan a continuación: (a) $P1 \geq P1m \approx P1b$, (b) $P1 > P3 \geq P2$, (c) $P1 > P6 > P2$, y (d) $P6 > P3 > P4 > P5 > Pu$.

El sistema 100 puede incluir además un interruptor de nivel bajo 22 en el tanque de reserva 20 para alertar al operador de que el suministro de fluido criogénico es escaso. Debido a las configuraciones de presión relativas de los reguladores de presión 54, 64 y 34, el tanque principal 50 se drenará antes que el tanque de reserva 20, entonces colocar una alarma en el nivel del tanque de reserva 20 provee la indicación más precisa de que es necesario reemplazar o volver a llenar el tanque principal 50. Una ventaja del sistema 100 es que solo se necesita una alarma de nivel de tanque, en el tanque de reserva 20, sin tener en cuenta la cantidad de tanques principales 20 que conforman en sistema 100.

El sistema 100 puede incluir además un intercambiador térmico 52 en la línea de suministro de gas 55 aguas abajo de la conexión 26 y aguas arriba del regulador de presión de la línea de suministro de gas 54 para calentar el gas criogénico a una temperatura adecuada para el uso final.

Nótese que los reguladores de presión que se describen en la presente se pueden configurar de manera local o remota. Por ejemplo, los reguladores de presión configurados de manera local tienen un diseño mecánico que permite que la presión de salida se fije con un botón con resorte que ajusta un diafragma. Como alternativa, los reguladores de presión configurados de manera remota puede incluir un diseño de diafragma neumático o un diseño servoelectrónico que recibe una señal de un controlador o transductor para impulsar el regulador de presión en una dirección más abierta o más cerrada para mantener una presión de salida deseada.

En el uso, el sistema 100 minimiza la pérdida de fluido criogénico al funcionar según la secuencia siguiente. Primero, solo si el sistema 100 no está en uso por un período de tiempo prolongado, la presión del tanque principal Pm o la presión del tanque de reserva Pb aumentará lo suficiente debido a la fuga térmica natural para que sea necesario ventilar el gas criogénico mediante uno o ambos respiraderos 59 y 29.

Luego, cuando se necesita gas en el punto de uso, el sistema 100 solo toma gas criogénico del tanque principal 50 a través de la línea de suministro de gas 55, siempre que el tanque principal 50 genere suficiente gas criogénico. Preferiblemente, este gas se calienta con el intercambiador térmico 52 a una temperatura adecuada para el uso final. Este gas se regula a una presión menor o igual que la tercera presión P3 mediante el regulador de presión 54. Si el tanque principal 50 no genera suficiente gas a través de una fuga térmica natural, el circuito de acumulación de presión 57 opera para agregar calor al tanque principal 50 y así aumentar la presión Pm en el tanque principal 50 y mantenerla. Además, el tanque de reserva 20 puede suministrar gas si una fuga térmica natural causa que la presión Pb del tanque de reserva aumente por encima de la presión configurada P6 del regulador de contrapresión 24.

Si el uso final se detiene cuando se toma solo gas del tanque principal 50 o del tanque de reserva 20, el gas criogénico que permanece en la línea de suministro de gas 55 tomará algo de calor, pero mucho menos que lo que tomaría un líquido criogénico, y muy poco de este calor regresará al tanque principal 50 o al tanque de reserva 20. En consecuencia, la pérdida resultante de criógeno se mantiene en un nivel muy bajo durante tal inactividad temporaria de la demanda en el uso final.

5 Luego, solo si la demanda en el uso final excede de la capacidad del circuito de acumulación de presión 57 del tanque principal para mantener la presión P_m del tanque principal, el sistema 100 toma líquido criogénico del tanque principal 50 a través de la línea principal de suministro de líquido 65 y vaporiza ese líquido en el intercambiador térmico 62. Cuando la presión P_m del tanque principal cae, el suministro de presión al regulador de presión 54 caerá lo suficiente para que la presión en la conexión 70 descienda por debajo de la tercera presión P_3 a la cuarta presión P_4 , y así permitir el flujo a través de la línea principal de suministro de líquido 65. El flujo continuará a través de la línea principal de suministro de líquido 65 siempre que la presión en la conexión 70 permanezca igual o menor que la cuarta presión P_4 , que es la salida del regulador de presión 64.

10 Al disminuir la demanda en la línea de suministro de gas 55, el circuito de acumulación de presión 57 puede restablecer la presión P_m en el tanque principal lo suficiente como para permitir que cese el flujo de la línea principal de suministro de líquido, cuando el tanque principal 50 todavía contiene una cantidad considerable de líquido criogénico. No obstante, cuando el nivel de líquido en el tanque principal 50 es bajo, el circuito de acumulación de presión 57 no podrá generar presión suficiente para volver al suministro solo de gas, y se continuará tomando líquido de la salida de líquido 61 ya que la presión en la conexión 70 permanece igual o menor que la cuarta presión P_4 .

15 Si el uso final se detiene cuando se toma tanto gas como líquido del tanque principal 50, algo de calor adicional regresará al tanque principal 50 a consecuencia del líquido que toma calor en la línea principal de suministro de líquido 65. No obstante, debido a la configuración del sistema 100, el líquido se tomaba porque la presión P_m del tanque principal era muy baja, y específicamente era menor que el punto establecido P_2 del circuito de acumulación de presión 57. En consecuencia, cualquier calor que regrese al tanque principal 50, y el aumento de presión resultante en el tanque principal 50, apenas restablecerá la presión P_m del tanque principal en el rango deseado (es decir, mayor que P_2 y menor que P_1) y es posible que el resultado sea una ventilación nula o mínima o una pérdida de criógeno nula o mínima.

20 Luego, solo si la demanda en el uso final excede de la capacidad del tanque principal 50 para suministrar bastante fluido criogénico para mantener presión suficiente en la conexión 70, el sistema toma líquido criogénico del tanque de reserva 20 a través de la línea de reserva de suministro de líquido 35 y vaporiza ese líquido en el intercambiador térmico 32. Esto ocurrirá cuando la presión P_m del tanque principal caiga lo suficiente para que la combinación de la línea de suministro de gas 55 y la línea principal de suministro de líquido 65 no puedan abastecer la demanda del uso final, y la presión en la conexión 70 caiga por debajo de la cuarta presión P_4 a la quinta presión P_5 , y permitir así el flujo de la línea de reserva de suministro de líquido 35. El flujo continuará a través de la línea de reserva de suministro de líquido 35 siempre que la presión en la conexión 70 permanezca igual o menor que la quinta presión P_5 , que es la salida del regulador de presión 34.

25 A medida que el tanque de reserva 20 comienza a descargarse, es posible que el circuito de acumulación de presión 27 necesite operar para mantener presión P_b suficiente en el tanque de reserva 20 para alimentar la línea de reserva de suministro de líquido 21. Por último, cuando el nivel en el tanque de reserva 20 alcanza un punto que indica que se debe volver a llenar los tanques 20 y 50, el interruptor de nivel 22 dispara una alarma.

40

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de suministro de fluido criogénico con baja pérdida 100 que comprende lo siguiente:

5 al menos un tanque principal de fluido criogénico 50, el tanque principal tiene una salida de gas 51, una salida de líquido 61, un circuito de acumulación de presión 57 y un respiradero 59, el respiradero está configurado para desagotar la presión del tanque principal a una primera presión P1, el circuito de acumulación de presión está configurado para acumular presión en el tanque principal si la presión en el tanque principal Pm desciende a una segunda presión P2 menor que la primera presión P1.

10 un tanque de reserva de fluido criogénico 20, el tanque de reserva tiene una salida de gas 21, una salida de líquido 31, un circuito de acumulación de presión 27 y un respiradero 29, el respiradero está configurado para desagotar la presión del tanque de reserva a una primera presión P1, el circuito de acumulación de presión está configurado para acumular presión en el tanque de reserva si la presión Pb en el tanque de reserva desciende por debajo de la segunda presión P2;

15 una línea de suministro de gas 55 conectada a la salida de gas del tanque principal 51 y que tiene un regulador de presión 54 configurado para suministrar gas a una conexión 70 a una tercera presión P3 mayor o igual que la segunda presión P2 y menor que la primera presión P1.

20 una línea principal de suministro de líquido 65 que tiene un intercambiador térmico 62 para vaporizar el líquido de la salida de líquido del tanque principal 61 y un regulador de presión 64 configurado para suministrar el líquido vaporizado a la conexión 70 a una cuarta presión P4 menor que la tercera presión P3.

una línea de suministro de líquido de reserva 35 que tiene un intercambiador térmico 32 para vaporizar el líquido de la salida de líquido del tanque de reserva 31 y un regulador de presión 34 configurado para suministrar el líquido vaporizado a la conexión 70 a una quinta presión P5 menor que la cuarta presión P4.

25 un regulador de contrapresión 24 del tanque de reserva configurada para permitir el flujo de gas desde la salida de gas del tanque de reserva 21 hasta un punto 26 en la línea de suministro de gas 56 aguas arriba del regulador de presión de la línea de suministro de gas a una sexta presión P6 mayor que la tercera presión P3 y menor que la primera presión P1; y

una línea de suministro de salida 75 configurada para hacer fluir gas desde la conexión 70 y tiene un regulador de presión para punto de uso 74 configurado para suministrar gas a una presión de uso final Pu menor que la quinta presión P5.

30

2. El sistema de suministro de fluido criogénico con baja pérdida de la reivindicación 1, que comprende lo siguiente:

un interruptor de nivel bajo 22 en el tanque de reserva 20.

35

3. El sistema de suministro de fluido criogénico con baja pérdida de la reivindicación 1 o 2, que comprende lo siguiente:

un intercambiador térmico 52 en la línea de suministro de gas 56 aguas arriba del regulador de presión de la línea de suministro de gas 54.

40

4. El sistema de suministro de fluido criogénico con baja pérdida de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el criógeno es oxígeno.

45 5. El sistema de suministro de fluido criogénico con baja pérdida de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el criógeno es nitrógeno.

6. Un método para minimizar la pérdida de fluido criogénico en un sistema de suministro de fluido criogénico 100 que tiene al menos un tanque principal de fluido criogénico 50 que tiene una presión interna Pm y un tanque de reserva de fluido criogénico 20 que tiene una presión interna Pb, que comprende lo siguiente:

50

ventilar el tanque principal 50 cuando la presión interna Pm del tanque principal es mayor que una primera presión P1;

55 vaporizar el líquido criogénico y regresar el líquido vaporizado al al menos un tanque principal 50 cuando la presión interna Pm del tanque principal es menor que una segunda presión P2, donde P2 es menor que P1;

ventilar el tanque de reserva 20 cuando la presión interna Pb del tanque de reserva es mayor que la primera presión P1;

vaporizar el líquido criogénico y regresar el líquido vaporizado al tanque de reserva 20 cuando la presión interna Pb del tanque de reserva es menor que la segunda presión P2;

60 suministrar gas criogénico del tanque principal 50 a una conexión 70 a una presión menor o igual que una tercera presión P3, donde P3 es mayor o igual que P2;

hacer fluir líquido criogénico del tanque principal 50, vaporizar el líquido criogénico y suministrar el líquido vaporizado a la conexión 70 a una presión menor o igual que una cuarta presión P4 cuando la presión en la conexión cae por debajo de P4; hacer fluir líquido criogénico del tanque de reserva 20, vaporizar el líquido criogénico y suministrar el líquido vaporizado a la conexión a una presión que es menor o igual que una quinta presión P5 cuando la presión en la conexión cae por debajo de P5;

65

ES 2 760 250 T3

hacer fluir gas criogénico del tanque de reserva 20 cuando la presión interna P_b del tanque de reserva es mayor que una sexta presión P_6 y mayor que la presión interna P_m del tanque principal, donde P_6 es mayor que P_3 y menor que P_1 ;
y suministrar gas criogénico de la conexión 70 a un punto de uso a una presión de uso P_u menor que la quinta presión P_5 .

- 5
7. El método de la reivindicación 6, que comprende además proveer una señal de alarma cuando un nivel del líquido criogénico en el tanque de reserva cae por debajo de un nivel predeterminado.
- 10
8. El método de la reivindicación 6 o 7, que comprende además calentar el gas criogénico en la línea principal de suministro de gas.
9. El método de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en donde el criógeno es oxígeno.
- 15
10. El método de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en donde el criógeno es nitrógeno.

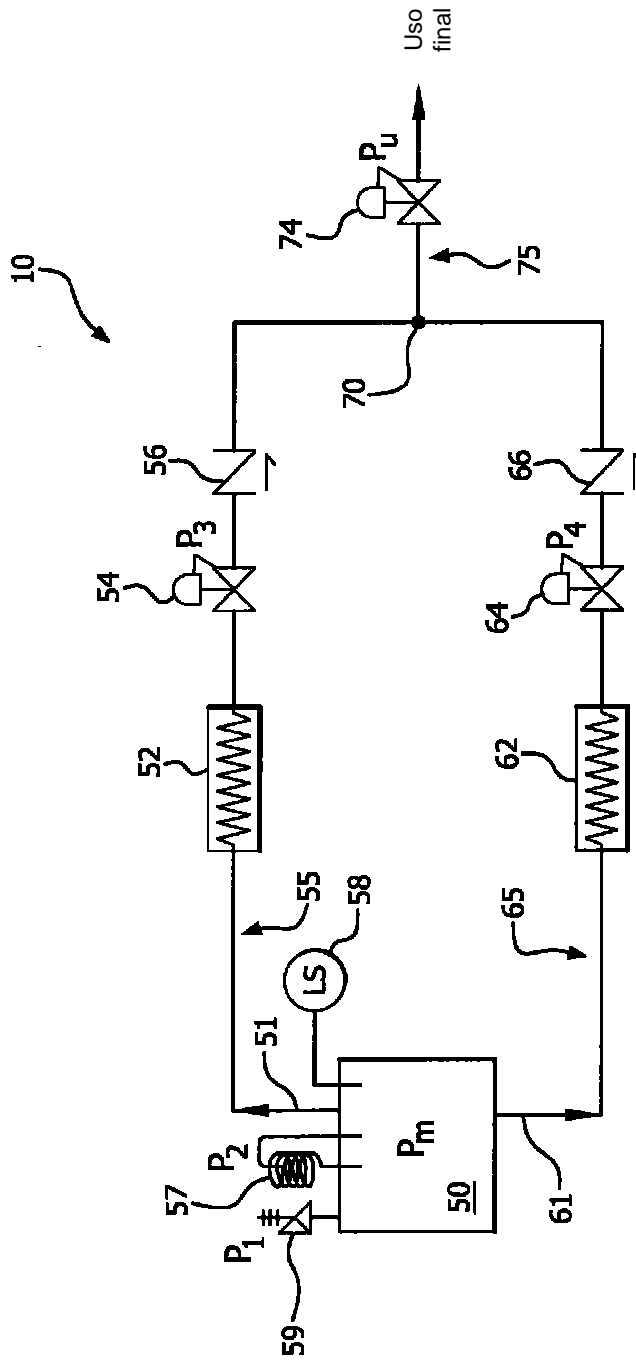


FIG. 1

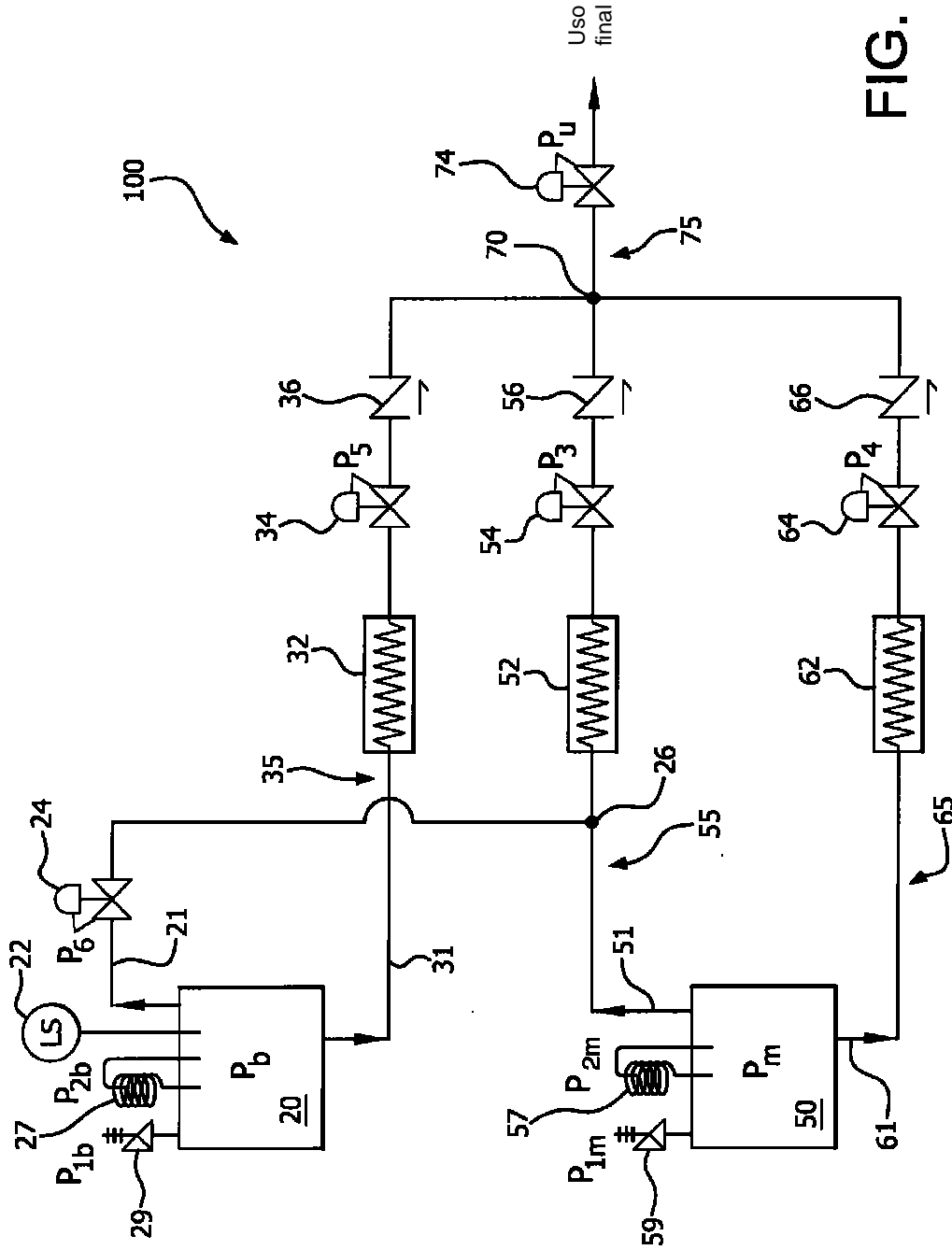


FIG. 2