(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 880 803**

(51) Int. CI.:

F17C 5/02 (2006.01)
F17C 5/04 (2006.01)
F17C 9/00 (2006.01)
F17C 13/02 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.01.2011 PCT/FR2011/050075**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **03.11.2011 WO11135210**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.01.2011 E 11704649 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.05.2021 EP 2564110**

(54) Título: **Procedimiento de llenado rápido de un depósito aguas abajo con líquido criogénico a partir de un almacenamiento aguas arriba**

(30) Prioridad:

27.04.2010 FR 1053199

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.11.2021

(73) Titular/es:

L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS GEORGES CLAUDE (100.0%)
75, Quai d'Orsay
75007 Paris, FR

(72) Inventor/es:

BERNARD, JEAN-PIERRE y
POUCHAIN, OLIVIER

(74) Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

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

Procedimiento de llenado rápido de un depósito aguas abajo con líquido criogénico a partir de un almacenamiento aguas arriba

La presente invención se refiere al campo de los procedimientos de llenado con líquido criogénico, tal como el nitrógeno líquido, de un depósito aguas abajo a partir de un almacenamiento aguas arriba.

Se refiere más particularmente a los métodos que permiten un llenado rápido.

Se encuentran tales operaciones de llenado, por ejemplo, para el llenado de depósitos presentes en camiones utilizados para el transporte y la distribución de productos termosensibles, tales como productos farmacéuticos y productos alimentarios.

De manera tradicional, el fluido criogénico, por ejemplo el nitrógeno líquido, está disponible en un almacenamiento aguas arriba de gran capacidad, conectado a un equipamiento consumidor de este fluido aguas abajo tal como el depósito de un camión, conteniendo el almacenamiento aguas arriba bajo una presión de almacenamiento mayor que la presión atmosférica, el fluido criogénico en fase líquida en el fondo del depósito y en fase gaseosa en la parte alta del depósito, siendo este almacenamiento adecuado para, por un lado, alimentar el equipamiento consumidor aguas abajo con líquido que se extrae del fondo del almacenamiento, y, por otro lado, para ser abastecido con fluido desde el exterior.

Se utilizan lo más habitualmente unos almacenamientos denominados «de baja presión de almacenamiento», es decir cuya presión máxima alcanzada en la parte superior del depósito es generalmente menor que aproximadamente 4 bares absolutos, clásicamente 1,5 bares relativos de presión en la parte superior del almacenamiento.

Para proceder con la transferencia rápida del fluido entre este almacenamiento aguas arriba y tal punto aguas abajo, por ejemplo, un depósito a llenar, se utiliza habitualmente una bomba criogénica para aumentar la presión aguas arriba durante la transferencia hacia el depósito criogénico situado aguas abajo (figura 1 anexa más adelante).

Pero se sabe que el uso de tales bombas criogénicas puede presentar inconvenientes en términos de coste, de obligaciones de mantenimiento, y de limitaciones operativas específicas, tales como el enfriamiento antes del uso. Una bomba criogénica comprende, en efecto, unas piezas giratorias que necesitan un mantenimiento específico.

Se ha propuesto otra solución que consiste en utilizar una capacidad intermedia de transferencia que se presurizará antes del llenado final hacia el depósito aguas abajo. Esta solución implica el uso de un depósito adicional, lo que da como resultado una limitación de tamaño y un modo de funcionamiento que dependerá en gran medida del procedimiento aguas abajo (presurización antes del uso y gestión del llenado cuando está vacío, etc.)

Se ha propuesto otra solución, que consiste en mantener el almacenamiento criogénico aguas arriba a la presión de uso durante la transferencia, pero se sabe que entonces, debido a características de comportamiento de los fluidos criogénicos, en estas condiciones el fluido tenderá a dirigirse hacia la temperatura de equilibrio en la presión del almacenamiento, lo que dará lugar a la creación de un difásico durante la transferencia, y, por lo tanto, a una reducción del caudal relacionado con la presencia del gas en el flujo (a título ilustrativo, un 1% de difásico másico de nitrógeno = proporción masa gas/masa total es equivalente a un nivel de vacío del 50%, es decir la sección ocupada por el gas/sección total). El documento FR 2 841 963 divulga un ejemplo de procedimiento de transferencia según la técnica anterior.

Uno de los objetivos de la presente invención es entonces proponer un nuevo enfoque de llenado rápido, que permite aportar una solución a los problemas técnicos identificados anteriormente.

Como se verá más en detalle a continuación, la presente invención propone un nuevo método de llenado, tal como se define por la reivindicación 1, y cuyas características esenciales pueden resumirse de la siguiente manera:

- se utiliza el almacenamiento aguas arriba directamente, sin intervención de una capacidad adicional;
- se establece una diferencia de presión entre el almacenamiento aguas arriba y el punto aguas abajo, estableciendo a nivel de este almacenamiento aguas arriba una «sobrepresión», a saber presurizándolo a una presión mayor que la presión de equilibrio que corresponde a la temperatura del fluido criogénico del almacenamiento, y manteniendo, mediante medios de control/regulación, tal presión superior, lo que permitirá transferir el líquido subenfriado con respecto a su presión de transferencia y, por lo tanto, efectuar los llenados con caudales mayores, limitando las pérdidas por vaporización durante la transferencia relacionadas con las pérdidas de carga de la instalación y con las entradas térmicas (siendo el tiempo de aumento de temperatura del líquido suficientemente largo con respecto a su tiempo de estancia en el almacenamiento aguas arriba entre dos llenados);

- para ello, según una realización preferida de la invención, se coloca sobre el almacenamiento aguas arriba o se asocia al almacenamiento aguas arriba, un dispositivo de control, apto para gestionar de manera automatizada la presión de alimentación con líquido criogénico del almacenamiento aguas arriba en pie de cuba (fase líquida), y la temperatura del líquido criogénico almacenado, para mantener la fase gaseosa de este almacenamiento aguas arriba a dicha presión mayor que la presión de equilibrio del almacenamiento.

La presente invención se refiere entonces a un procedimiento de llenado con líquido criogénico de al menos un depósito aguas abajo, desde un almacenamiento aguas arriba, almacenamiento que contiene, bajo una presión de almacenamiento mayor que la presión atmosférica, el fluido criogénico en fase líquida en el fondo del almacenamiento, y en fase gaseosa en la parte superior del almacenamiento, siendo adecuado dicho almacenamiento aguas arriba para alimentar el depósito aguas abajo con líquido extraído del fondo del almacenamiento, así como para abastecerse de fluido desde el exterior, caracterizándose por que se establece y se mantiene una diferencia de presión entre el almacenamiento aguas arriba y el depósito aguas abajo, estableciendo a nivel de la fase gaseosa del almacenamiento aguas arriba una presión mayor que la presión de equilibrio del almacenaje.

Según una de las realizaciones de la invención, se establece y se mantiene a nivel de la fase gaseosa del almacenamiento aguas arriba un nivel de presión igual a:

$$\mathbf{P_g = \Delta P + P_l - \rho\ g\ h}$$»

en la que:

- **Pg** es la presión mantenida en el cielo gaseoso del almacenamiento;
- **ΔP** es la pérdida de carga en la línea entre almacenamiento aguas arriba y depósito aguas abajo;
- $\mathbf{P_l}$ es la presión del líquido en la línea;
- **ρ** es la masa volúmica del líquido almacenado;
- g =9,81 m/s^2 ;
- y **h** es la altura de líquido disponible.

Otras características y ventajas de la presente invención aparecerán más claramente en la descripción siguiente, dada a título ilustrativo, pero de ninguna manera limitativo, hecha en relación con los dibujos anexos, para los cuales:

- la figura 1 es una vista esquemática parcial de una instalación tradicional de llenado de un depósito aguas abajo con nitrógeno líquido a partir de un almacenamiento aguas arriba, utilizando una bomba criogénica;
- la figura 2 es una vista esquemática parcial de una instalación de llenado rápido cuyo procedimiento de explotación es conforme a la invención.

Se reconoce en la figura 1 la estructura tradicional de tal instalación de llenado, con presencia en la línea de un medio de presurización del líquido extraído del almacenamiento en pie de cuba, y transportado hacia el depósito aguas abajo, estructura bien conocida y que, en consecuencia, no se describirá aquí más en adelante.

La figura 2 ilustra, por su parte, una instalación cuyo procedimiento de explotación es conforme a la invención, que no comprende dicho medio de presurización, pero que , sin embargo, comprende un dispositivo de control, apto para actuar de manera automatizada sobre la presión de alimentación con líquido criogénico del almacenamiento aguas arriba en pie de cuba, y sobre la temperatura del líquido criogénico almacenado, en respuesta a una medición de la presurización de la fase gaseosa del almacenamiento aguas arriba y de la posición de esta medición con respecto a la presión de equilibrio del almacenamiento, para mantener una diferencia de presión entre el almacenamiento aguas arriba y el depósito aguas abajo, manteniendo esta presión de la fase gaseosa a un nivel mayor que la presión de equilibrio del almacenamiento, que corresponde a la temperatura del fluido criogénico del almacenamiento.

A título de ejemplo, la presión de transferencia del fluido criogénico se ajusta al valor nominal deseado, por ejemplo 5 bares relativos para una aplicación dada de nitrógeno líquido aguas abajo controlándose, por otro lado, la temperatura del fluido con respecto a un valor de referencia en condiciones dadas, por ejemplo -187ºC, que corresponde a una presión de equilibrio de 1,5 bares relativos. Si después de un periodo de uso, la diferencia de temperatura con respecto al valor de consigna es mayor que la histéresis parametrizada, se inserta una nueva consigna de presión en el controlador a fin de reducir la presión del cielo gaseoso asociada y, en consecuencia, limitar el calentamiento del fluido en el almacenamiento durante periodos no operacionales de transferencias. El sistema se vuelve a poner a la presión de uso en previsión a una reutilización operacional de la instalación de transferencia rápida. El dispositivo de control permite así una gestión parametrizable de los datos de presión, temperatura y hora, a fin de optimizar los consumos globales de la instalación.

La tabla de resultados de experimentaciones siguiente permite visualizar mejor las ventajas de tales condiciones conformes a la invención.

Esta tabla indica unos tiempos de llenado obtenidos para 410 litros de nitrógeno líquido transferidos desde aguas arriba a aguas abajo, para diferentes condiciones de trabajo:

- unos deltas de presión entre aguas arriba y aguas abajo de 1, 2 o 3 bares;
- en combinación con unas temperaturas ajustadas de la fase líquida del almacenamiento aguas arriba de -177ºC, -181, -187 o -191ºC;
- en cada caso, el valor «P_{sat}» representa la presión de equilibrio del nitrógeno a la temperatura de líquido considerada.

Para cada condición de trabajo, la tabla proporciona el tiempo de llenado, así como el caudal medio utilizado.

Así, a título de ejemplo para un delta de 3 bares ($P_{aguas\ arriba}$ = 5 bares y $P_{aguas\ abajo}$ = 2 bares) con una temperatura del líquido ajustada a -187ºC, se llena en 3,7 minutos los 410 litros de un depósito aguas abajo, con un caudal medio de 110,8 l/min.

Tabla 1

Diferencia de presión (bar)	**Tiempo de llenado para 410 litros y caudal medio utilizado**			
	T_l = -191°C	**T_l = - 187°C**	**T_l = - 181°C**	**T_l = - 177°C**
	Psat = 0,7 bares	**Psat = 1,5 bares**	**Psat = 3,2 bares**	**Psat = 4,8 bares**
1	**6,6 mn**	**7,3 mn**	**8,3 mn**	**9 mn**
	62,1 l/mn	**56,2 l/mn**	**49,4 l/mn**	**45,6 l/mn**
2	**4 mn**	**4,8 mn**	**6,2 mn**	**7,3 mn**
	102,5 l/mn	**85,4 l/mn**	**66,1 l/mn**	**56,2 l/mn**
3	**3 mn**	**3,7 mn**	**5,2 mn**	**6,4 mn**
	136,7 l/mn	**110,8 l/mn**	**78,8 l/mn**	**64,1 l/mn**

Se puede deducir de esta tabla las enseñanzas siguientes:

- las columnas 3 y 4 (-181ºC, -177ºC) demuestran efectivamente una degradación del caudal (ejemplos comparativos);
- los ensayos de la columna 1 son conformes a la invención, pero se puede adelantar que representan una realización ciertamente posible pero más costosa;
- los ensayos de la columna 2 (-187ºC, delta de presión de 2 o 3 bares) representan un muy buen compromiso, rendimientos, y coste de realización para la aplicación y la instalación alimentada aquí.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de llenado con líquido criogénico de al menos un depósito aguas abajo, desde un almacenamiento aguas arriba, almacenamiento que contiene, bajo una presión de almacenamiento mayor que la presión atmosférica, el fluido criogénico en fase líquida en el fondo del almacenamiento, y en fase gaseosa en la parte superior del almacenamiento, siendo adecuado dicho almacenamiento aguas arriba para alimentar el depósito aguas abajo con líquido extraído del fondo del almacenamiento, así como para ser abastecido con fluido desde el exterior, en el que se establece y se mantiene una diferencia de presión entre el almacenamiento aguas arriba y el depósito aguas abajo, estableciendo a nivel de la fase gaseosa del almacenamiento aguas arriba una presión mayor que la presión de equilibrio del almacenamiento, de la siguiente manera:

- se dispone de un dispositivo de control, apto para gestionar de manera automatizada la presión de alimentación con líquido criogénico del almacenamiento aguas arriba en pie de cuba y la temperatura del líquido criogénico almacenado, en respuesta a una medición de la presión de la fase gaseosa del almacenamiento aguas arriba y de la posición de esta medición con respecto a la presión de equilibrio del almacenamiento;

- se mantiene la presión de la fase gaseosa del almacenamiento aguas arriba a una presión mayor que la presión de equilibrio del almacenamiento actuando sobre la presión de alimentación con líquido criogénico del almacenamiento aguas arriba en pie de cuba y sobre la temperatura del líquido criogénico almacenado,

en la que:

- si después de un periodo de uso, es decir durante un periodo no operacional de transferencia, la diferencia de la temperatura del líquido criogénico almacenado con respecto a un valor de consigna es mayor que una histéresis parametrizada, se inserta una nueva consigna de presión en el sistema de control a fin de reducir la presión del cielo gaseoso asociado;

- después, en previsión de una reutilización operacional de transferencia rápida, se vuelve a poner a presión el cielo gaseoso a una presión de uso.

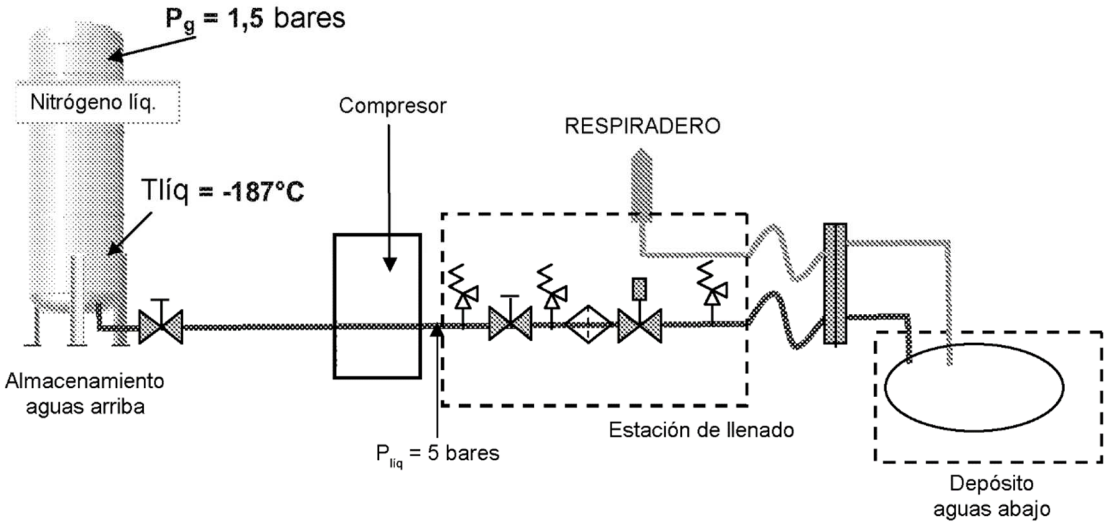

Figura 1

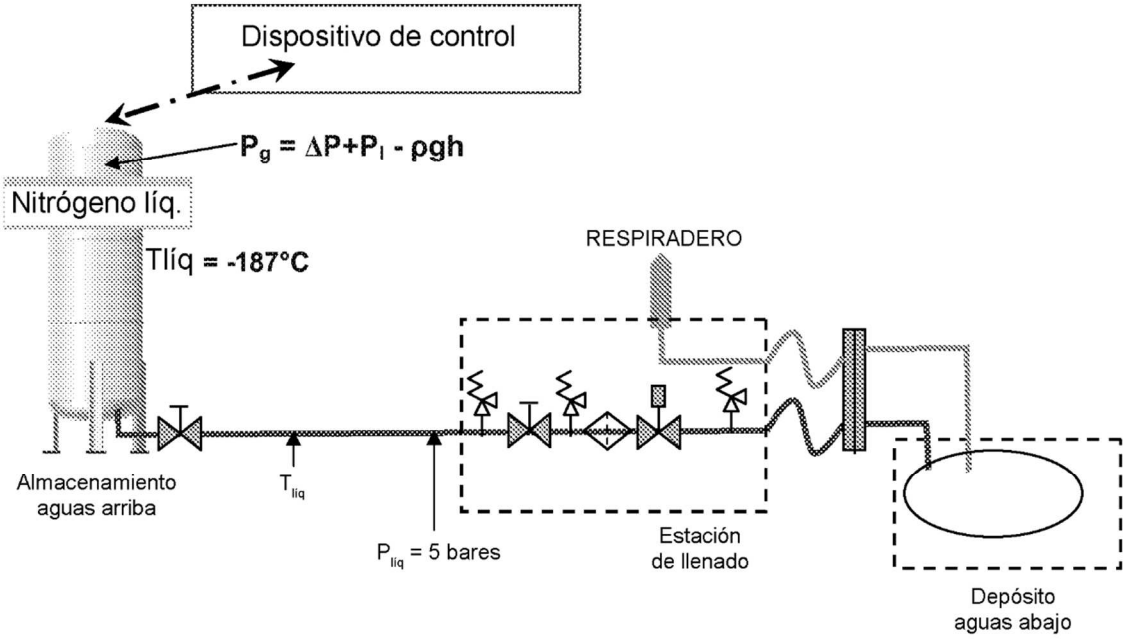

Figura 2