

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 704 875**

51 Int. Cl.:

F17C 5/06 (2006.01)

F17C 13/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.04.2014** **E 14164054 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.12.2018** **EP 2796762**

54 Título: **Método y sistema para dispensación de gas a temperatura controlada**

30 Prioridad:

22.04.2013 US 201313867208

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

20.03.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

COHEN, JOSEPH PERRY

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 704 875 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

Método y sistema para dispensación de gas a temperatura controlada

5 **Antecedentes**

La presente invención se refiere a un método y sistema para dispensar un gas comprimido a un recipiente receptor, y más específicamente a un método y sistema para dispensar un gas comprimido, como hidrógeno en particular, a un recipiente receptor, tal como un depósito de combustible de vehículo, de forma rápida pero segura.

10 Al dispensar un gas comprimido a un recipiente receptor, hay que tener cuidado de que el recipiente receptor no se sobrecaliente. El sobrecalentamiento puede producirse como resultado de la compresión adiabática del gas. Si el gas es hidrógeno o helio, el efecto Joule-Thompson inverso también contribuirá a calentar el recipiente. Los protocolos de llenado de gas, en particular los protocolos de repostaje de hidrógeno, que son de uso muy común, se basan en supuestos del peor caso al seleccionar las velocidades de llenado apropiadas. Dado que los recipientes receptores raras veces tienen propiedades del peor caso y las condiciones del recipiente raras veces son las condiciones del peor caso, los protocolos de uso común a menudo son, por lo tanto, excesivamente conservadores y dan lugar a un tiempo prolongado de dispensación del gas comprimido.

15 La Patente de Estados Unidos número 6.619.336 (Cohen y colaboradores) mejora la operación de dispensación en la que se determinan la presión y la temperatura, y a partir de ellas se calcula la densidad del gas en el recipiente receptor. Esta densidad real es comparada con una densidad nominal del recipiente para controlar el flujo del gas comprimido en respuesta a la comparación. Si la densidad real en el recipiente receptor es mayor o igual a la densidad nominal, menos una tolerancia, el flujo de gas se detiene, y se reanuda, si la densidad real hubiese caído por debajo de la densidad nominal dentro de un intervalo predeterminado de tiempo, o se termina.

20 La Patente de Estados Unidos número 7.178.565 (Eichelberger y colaboradores) incorpora la temperatura ambiente para mitigar el sobrecalentamiento del recipiente receptor. Dependiendo de la temperatura ambiente, se selecciona una de varias tasas predeterminadas de aumento de presión, es decir, una tasa de rampa de presión, en el recipiente receptor. Además, durante el llenado se mide una temperatura indicativa de la temperatura del gas en el recipiente receptor. La tasa de rampa se mantiene al valor seleccionado hasta que la temperatura medida llega a un límite superior preestablecido. Al llegar a dicha temperatura límite, un controlador electrónico ordena a una válvula de control de presión que efectúe temporalmente una pausa al nivel de presión instantáneo. La pausa subsiste hasta que la temperatura instantánea en el recipiente receptor ha caído a un valor predeterminado por debajo de la temperatura establecida, tiempo en el que la tasa de rampa de presión se incrementa a su tasa de dispensación alta anterior.

25 Sin embargo, los métodos de inicio/parada confunden al cliente cada vez que el proceso de dispensación se detiene y reinicia.

30 US 2007/0079892 A1 (Cohen y colaboradores) describe controlar el caudal del gas comprimido por medio de un dispositivo de control de flujo del tipo de órgano de tubos compuesto por una pluralidad de líneas de transporte de fluido en paralelo una con otra y que tiene diferentes coeficientes de orificio para transmitir gas a diferentes tasas de flujo a su través. Cada una de las líneas de transporte de fluido se puede abrir y cerrar por medio de una válvula de control respectiva controlada por un controlador de flujo programable incluyendo una tasa de rampa deseada. Un supervisor de presión hacia abajo de las líneas de transporte de fluido mide la presión del gas dirigido al recipiente receptor. El controlador de flujo compara la tasa de rampa de presión deseada con la presión medida y controla el caudal de gas a través de las líneas de transporte de fluido en respuesta a la comparación. No se describe la supervisión de la temperatura.

35 US 2013/0014854 A1 describe la dispensación de un gas comprimido a un depósito receptor a un caudal según un mapa de flujo de llenado preestablecido y propone reducir un caudal preestablecido si se determina una anomalía con respecto a un sensor de temperatura instalado dentro del depósito receptor. La aparición de una anomalía se determina si una diferencia de una temperatura entre una temperatura de suministro y una temperatura del depósito es igual o excede de una temperatura umbral predeterminada.

40 Un objeto de la presente invención es proporcionar un método y sistema para dispensar un gas a un recipiente receptor de forma segura y eficaz en el tiempo.

45 Es deseable dispensar gas al recipiente receptor lo más rápidamente posible, sin violar el límite de temperatura del recipiente, que es típicamente de 85°C para depósitos de combustible de vehículos.

50 Otro objeto es hacer uniforme el proceso de dispensación, es decir, dispensar gas al recipiente receptor a una tasa de dispensación más constante que con los métodos y sistemas convencionales, de modo que el cliente observe tasas de flujo y sonidos consistentes durante el proceso de dispensación.

También se necesita un método y sistema para dispensar un gas comprimido, en particular hidrógeno, al depósito de combustible de un motor de combustión o vehículo de pila de combustible de manera eficaz en el tiempo sin sobrecalentamiento del depósito de combustible.

5 **Breve resumen**

La presente invención lleva a cabo la dispensación rápida de gas comprimido a un recipiente receptor estableciendo un perfil de temperatura objetivo para el recipiente receptor y regulando el caudal del gas comprimido de tal manera que el perfil de temperatura que el recipiente receptor experimenta durante la dispensación se conforma al perfil de temperatura objetivo preestablecido. El sobrecalentamiento del recipiente receptor se evita de forma segura, dado que, conformando o adaptando los perfiles de temperatura, se evita el límite máximo de temperatura. En contraposición a los métodos y sistemas de dispensación conocidos, la invención se centra en una variable crítica del proceso, a saber, la temperatura, y prescribe un perfil de temperatura según dicha variable y regula la dispensación del gas comprimido para conformación o adaptación, es decir, acercamiento o logro del perfil de temperatura objetivo deseada.

Objeto de la invención es un método de dispensar gas comprimido a un recipiente receptor que emplea un sistema incluyendo un suministro de gas comprimido, un medio de transporte de fluido para conectar operativamente el suministro de gas comprimido al recipiente receptor, un dispositivo de control de flujo capaz de variar el caudal de gas comprimido a través del medio de transporte de fluido, y un controlador de flujo para controlar el dispositivo de control de flujo. El método incluye al menos los pasos de:

- (a) pasar gas comprimido desde el suministro a través del medio de transporte de fluido al recipiente receptor,
- 25 (b) proporcionar una temperatura objetivo a partir de un perfil de temperatura objetivo para el recipiente receptor, proporcionando el perfil de temperatura objetivo para el recipiente receptor temperaturas objetivo durante la dispensación,
- (c) determinar una temperatura aparente que es representativa de una temperatura instantánea del recipiente receptor,
- 30 (d) determinar una desviación entre la temperatura aparente y la temperatura objetivo a partir del perfil de temperatura objetivo,
- 35 (e) variar el caudal de gas comprimido durante la dispensación por medio del dispositivo de control de flujo en respuesta a la desviación para conformar el perfil de temperatura aparente del recipiente receptor al perfil de temperatura objetivo y
- 40 (f) repetir los pasos (b) a (e) durante la dispensación, es decir, mientras el gas comprimido pasa al recipiente receptor, donde el perfil de temperatura aparente es producido a partir de las temperaturas aparentes.

También es materia de la invención un sistema para dispensar un gas comprimido a un recipiente receptor, incluyendo el sistema:

- 45 (a) un suministro de gas comprimido,
- (b) un recipiente receptor,
- (c) un medio de transporte de fluido para conectar operativamente el suministro al recipiente receptor,
- 50 (d) un dispositivo de control de flujo capaz de variar el caudal de gas comprimido a través del medio de transporte de fluido,
- (e) un sensor de temperatura para determinar temperaturas aparentes para el recipiente receptor y generar señales de temperatura en base a las temperaturas aparentes, y
- 55 (f) un controlador de flujo para controlar el dispositivo de control de flujo en respuesta a las señales de temperatura del sensor de temperatura,
- 60 (g) donde el controlador de flujo está configurado para almacenar un perfil de temperatura objetivo para el recipiente receptor, proporcionando el perfil de temperatura objetivo para el recipiente receptor las temperaturas objetivo durante la dispensación,
- 65 (h) donde el controlador de flujo está configurado para calcular, sucesivamente durante la dispensación, desviaciones entre las temperaturas aparentes y las temperaturas objetivo asociadas a partir del perfil de temperatura objetivo,

(i) y donde el controlador de flujo está configurado para ordenar al dispositivo de control de flujo que varíe el caudal de gas comprimido en respuesta a las desviaciones para conformar un perfil de temperatura aparente del recipiente receptor en base a las temperaturas aparentes al perfil de temperatura objetivo.

La invención proporciona un control de realimentación donde la temperatura objetivo del perfil de temperatura objetivo es una referencia variable y una temperatura aparente representativa de una temperatura instantánea del recipiente receptor es una variable de proceso controlada, y el controlador de flujo determina una desviación entre la referencia variable y la variable controlada y crea una variable de actuación o corrección para el dispositivo de control de flujo con el fin de disminuir la desviación.

El perfil de temperatura objetivo para el recipiente receptor incluye una serie de temperaturas objetivo. El perfil de temperatura objetivo se facilita como una trayectoria de temperaturas objetivo en función de la presión y/o el tiempo de dispensación transcurrido. El perfil de temperatura objetivo aumenta desde una temperatura objetivo inicial a una temperatura objetivo final. Puede ser lineal o basarse en un modelo de calentamiento del recipiente. La temperatura objetivo (como la ordenada variable) aumenta preferiblemente a lo largo de una trayectoria cóncava con respecto a la variable de abscisa, por ejemplo, en función de la presión y/o el tiempo de dispensación transcurrido.

La temperatura objetivo inicial puede derivarse de o puede coincidir con una temperatura aparente representativa de la temperatura instantánea del recipiente receptor al tiempo que el recipiente receptor está conectado con el suministro o antes o junto con el inicio del proceso de dispensación. La determinación de la temperatura objetivo inicial puede basarse en particular en una medición de una temperatura. La temperatura objetivo final puede ser un límite de temperatura superior preestablecido del recipiente receptor respectivo. La temperatura objetivo final puede ser en particular una temperatura de recipiente nominal máxima menos un margen de seguridad. Si la temperatura nominal máxima es, por ejemplo, 85°C, que es una temperatura nominal máxima típica de un depósito de gas combustible de un vehículo terrestre, la temperatura objetivo final será inferior a 85°C y podría seleccionarse dentro de un rango, por ejemplo, entre 80 y 84°C. El sistema puede tener la capacidad de identificar el recipiente receptor respectivo y seleccionar la temperatura objetivo final apropiadamente adaptada al recipiente receptor respectivo. Sin embargo, en aplicaciones típicas, los recipientes receptores a llenar tienen la misma o casi la misma temperatura de recipiente nominal máxima, y la temperatura objetivo final puede ser idéntica para todos estos recipientes.

El perfil de temperatura objetivo pueden ser valores de temperatura objetivo discretos predeterminados en función del tiempo de dispensación transcurrido y/o la presión, o puede obtenerse por medio de una ecuación para la temperatura objetivo. En particular, puede generarse en base a una variable del proceso de dispensación y determinarse en tiempo real durante la dispensación. También es concebible una combinación de ambos, es decir, la temperatura objetivo puede ser predeterminada en una o varias primeras secciones de la trayectoria y generada en función de una variable de proceso en una o varias segundas secciones de la trayectoria.

La presión es una opción conveniente de una variable de proceso en la que basar el perfil de temperatura de recipiente. En realizaciones basadas en presión, la temperatura objetivo puede obtenerse en función de una presión, preferiblemente una presión aparente, que es representativa de la presión instantánea del gas en el recipiente receptor y puede derivarse por medición de presión. Un método en que el perfil es generado en al menos una parte del proceso de dispensación, preferiblemente en todo el proceso de dispensación, puede incluir consiguientemente los pasos de:

- (a) pasar gas comprimido desde el suministro a través del medio de transporte de fluido al recipiente receptor,
- (b) determinar una presión aparente representativa de una presión instantánea del gas en el recipiente receptor,
- (c) generar una temperatura objetivo en función de la presión aparente,
- (d) determinar una temperatura aparente representativa de una temperatura instantánea del recipiente receptor,
- (e) determinar una desviación entre la temperatura aparente y la temperatura objetivo,
- (f) variar el flujo de gas comprimido por medio del dispositivo de control en respuesta a la desviación para conformar el perfil de temperatura aparente del recipiente receptor al perfil de temperatura objetivo,
- (g) y repetir los pasos (b) a (f) durante el proceso de dispensación.

El perfil de temperatura objetivo puede obtenerse alternativamente en función del tiempo transcurrido desde que empezó la dispensación o, en un modo mezclado, en función tanto de la presión como del tiempo de dispensación transcurrido. En el modo mezclado, el proceso de dispensación puede incluir uno o varios primeros intervalos de tiempo y uno o varios segundos intervalos de tiempo y la temperatura objetivo obtenida en función solamente del tiempo en uno o varios primeros intervalos de tiempo y en función solamente de la presión en uno o varios segundos intervalos de tiempo. En una variante del modo mezclado, el perfil de temperatura objetivo se obtiene en función del

tiempo en todo el proceso de dispensación o solamente parte del proceso de dispensación, pero es verificado por una o varias comprobaciones de presión durante la dispensación. La función dependiente del tiempo puede alterarse sometiéndola a las comprobaciones de presión. En otra variante del modo mezclado, una función que describe el perfil de temperatura objetivo contiene un término dependiente de presión y un término dependiente del tiempo, por ejemplo, como términos aditivos.

Los pasos a repetir en las realizaciones básicas y desarrolladas adicionales, y también en las realizaciones basadas en la presión, se repiten al menos una vez, es decir, se realizan al menos dos veces durante el proceso de dispensación. Preferiblemente, los pasos respectivos se repiten más de una vez durante el proceso de dispensación con el fin de acortar el tiempo requerido para dispensar el gas comprimido. Cuanto más frecuentemente se pasa por el ciclo respectivo, más se puede acortar el proceso de dispensación. Si se divide el tiempo requerido para llenar el recipiente receptor, t_{total} , a una presión final deseada en un número n de intervalos de tiempo iguales, la frecuencia $f = \text{ciclos}/t_{\text{total}}$ a la que se pasa por los ciclos es preferiblemente al menos 5 con $n \geq 5$, y más preferiblemente al menos 10 con $n \geq 10$, realizándose al menos un ciclo en cada uno de los n intervalos de tiempo. Típicamente, el ciclo respectivo de los pasos se repite al menos una vez por segundo.

La determinación de la temperatura aparente puede basarse en particular en una medición de temperatura. La temperatura medida puede ser la temperatura del gas comprimido dentro del recipiente receptor, lo que requiere medir la temperatura dentro del recipiente receptor. En tales realizaciones, un sensor de temperatura está en contacto directo con el gas comprimido. Como sucedáneo, puede medirse la temperatura de una parte estructural del recipiente receptor, por ejemplo, la envuelta del recipiente. Un sensor de temperatura para dicha finalidad puede ir montado o incorporado a la respectiva parte estructural del recipiente, o se puede medir el calor irradiado por el recipiente receptor. En lugar de medir una temperatura en el recipiente receptor o de él, la temperatura puede medirse dentro o en el medio de transporte de fluido, por ejemplo, dentro o en una manguera del medio de transporte de fluido o un conjunto de conexión con el que el medio de transporte de fluido está conectado al recipiente receptor para llenar el recipiente y que puede desconectarse del recipiente receptor una vez finalizada la operación de dispensación. La temperatura puede medirse, en principio, en cualquier lugar a condición de que la temperatura medida sea representativa de la temperatura instantánea del gas en el recipiente receptor, es decir, que permita una retroreferencia a la temperatura instantánea del recipiente receptor o el gas en el recipiente receptor. Sin embargo, cuanto más cerca de la envuelta o del interior del recipiente se mide la temperatura, menor puede ser el margen de seguridad elegido, y más rápidamente se puede llenar el recipiente.

El suministro puede ser usado para llenar una pluralidad de recipientes receptores interconectados. El suministro puede estar conectado mediante el medio de transporte de fluido con un primer recipiente de los recipientes receptores, llenándose uno o varios recipientes receptores adicionales mediante dicho primer recipiente receptor. Más convenientemente, los dos o más recipientes receptores pueden llenarse en paralelo mediante un colector. Si, por ejemplo, cada uno de los recipientes receptores interconectados está equipado con un sensor de temperatura para detectar la temperatura aparente del recipiente respectivo, el proceso de dispensación se basa preferiblemente en la temperatura más alta de las temperaturas aparentes. En tales casos, el sistema de recipientes receptores, por ejemplo, un vehículo incluyendo la pluralidad de recipientes interconectados, puede decidir cuál de las diferentes temperaturas aparentes es la más alta y consiguientemente habrá que usar para determinar la desviación entre la temperatura aparente y la temperatura objetivo. Alternativamente, el controlador de flujo puede estar adaptado para recibir una temperatura aparente de cada recipiente o recipientes seleccionados de los recipientes receptores interconectados, determinar cuál de estas temperaturas aparentes es la más alta y seleccionar este valor de temperatura para la determinación de la desviación.

La desviación entre la temperatura aparente y la temperatura objetivo puede determinarse directamente como la diferencia entre la temperatura objetivo y la temperatura aparente o como cualquier otra medida representativa de la diferencia matemática, por ejemplo, como la relación de la temperatura aparente a la temperatura objetivo o viceversa. Dado que la desviación puede definirse como la diferencia entre la temperatura objetivo y la temperatura aparente, la desviación puede tener un valor de cero. El flujo del gas comprimido puede ser regulado directamente en respuesta a la diferencia entre los dos valores de temperatura o en respuesta a una desviación porcentual o en respuesta a solamente el prefijo de la diferencia, para indicar solamente ejemplos. El controlador de flujo está adaptado para controlar consiguientemente el dispositivo de control.

En realizaciones preferidas basadas en la presión, la presión aparente se basa en una medición de la presión. La presión medida puede ser en particular la presión del gas dentro del recipiente receptor. Sin embargo, de forma similar a la temperatura aparente, la presión aparente puede medirse en cambio dentro o en el medio de transporte de fluido, por ejemplo, dentro o en una manguera del medio de transporte de fluido o un conjunto de conexión por el que el medio de transporte de fluido está conectado soltamente al recipiente receptor durante el proceso de dispensación. La presión aparente puede ser usada para generar el perfil de temperatura de recipiente receptor, como se ha explicado anteriormente. En realizaciones alternativas basadas en la presión en las que las temperaturas objetivo se obtienen en función de la presión, la presión aparente puede ser usada para asignar la respectiva temperatura aparente a la temperatura objetivo asociada del perfil de temperatura de recipiente para la determinación de la desviación de temperatura.

El suministro de gas comprimido puede estar compuesto de una sola fuente, por ejemplo, un único compresor o más convenientemente un solo recipiente de suministro presurizado. Sin embargo, el suministro también puede incluir una pluralidad de fuentes de gas comprimido, por ejemplo, una pluralidad de compresores o una pluralidad de recipientes de suministro presurizados, o una combinación de al menos un recipiente de suministro y uno o varios compresores. El único o al menos uno de los múltiples recipientes de suministro contiene el gas a una presión tan alta o más alta que la presión en el recipiente receptor a la terminación del proceso de dispensación, al menos en realizaciones que no emplean compresor. Sin embargo, las realizaciones que incluyen un compresor, no requieren un recipiente de suministro, al menos no un recipiente de suministro en el lugar donde se llena el recipiente receptor respectivo. Un compresor puede estar conectado, por ejemplo, a una línea de suministro estacionaria, por ejemplo, un sistema público o privado de distribución de gas, para comprimir el gas distribuido a su través al nivel de presión requerido para dispensación.

Una válvula de control de flujo, en particular una válvula de solenoide, es un tipo adecuado de dispositivo de control de flujo. En principio, será suficiente un dispositivo de control de flujo capaz de variar el caudal en incrementos. Sin embargo, más adecuado es un dispositivo de control capaz de variar el caudal de gas comprimido de forma continua entre un volumen o caudal másico inferior y otro superior. El dispositivo de control de flujo puede estar adaptado en particular para variar una zona de flujo en sección transversal dentro del medio de transporte de fluido. Un medio de transporte de fluido incluyendo solamente un conducto puede incluir uno o varios dispositivos de control de flujo en dicho conducto, que es o son capaces de variar el caudal de gas comprimido a través de dicho conducto único o de manera combinada adaptada. Si el medio de transporte de fluido incluye dos o más conductos en paralelo uno a otro, se puede disponer uno o varios dispositivos de control de flujo en cada uno de los conductos y el controlador de flujo puede ordenarles que adapten el perfil de temperatura objetivo. En principio, el dispositivo de control de flujo también puede ser un compresor de velocidad variable y/o geometría variable controlado por el controlador de flujo de tal manera que el caudal de gas comprimido sea regulado por medio del compresor variable para adaptación del perfil de temperatura objetivo.

El controlador de flujo es convenientemente un controlador electrónico de flujo que controla el dispositivo de control de flujo mediante una comunicación alámbrica o inalámbrica. El controlador de flujo puede ser, en particular, un controlador lógico programable (PLC) o un controlador basado en ordenador. Puede estar compuesto de solamente una sola unidad o dos o más unidades. Si el perfil de temperatura objetivo lo proporciona algún tipo de un dispositivo de entrada, por ejemplo, un ordenador, mediante una comunicación por cable o inalámbrica, por ejemplo, a un PLC, la combinación de dispositivo de entrada y PLC se considera el controlador de flujo. Se usa preferiblemente un PLC o controlador basado en ordenador, pero puede ser sustituido por un controlador cableado.

También se describen elementos ventajosos en las reivindicaciones secundarias y las combinaciones de las mismas.

A continuación, se esbozarán aspectos específicos del método y sistema. Los signos de referencia y las expresiones entre paréntesis hacen referencia a una realización ejemplar explicadas más adelante con referencia a las figuras. Sin embargo, los signos de referencia y las expresiones son solamente ilustrativos y no limitan el aspecto a ningún componente o elemento específico de la realización ejemplar. Los aspectos pueden formularse como reivindicaciones en las que los signos de referencia y las expresiones entre paréntesis se omiten o sustituyen por otros apropiados.

Aspecto número 1: Un método para dispensar un gas comprimido a un recipiente receptor empleando un suministro (102) de gas comprimido, un medio de transporte de fluido (103) que conecta operativamente el suministro (102) al recipiente receptor (108), un dispositivo de control de flujo (104) capaz de variar el caudal de gas comprimido a través del medio de transporte de fluido (103), y un controlador de flujo (114) para controlar el dispositivo de control de flujo (104), incluyendo el método los pasos de:

(a) pasar gas comprimido desde el suministro (102) a través del medio de transporte de fluido (103) al recipiente receptor (108),

(b) determinar una temperatura aparente (T_{112}) que es representativa de una temperatura instantánea del recipiente receptor (108),

(c) proporcionar una temperatura objetivo (T_{target}) a partir de un perfil de temperatura objetivo para el recipiente receptor, obteniéndose el perfil de temperatura objetivo como una trayectoria de temperaturas objetivo en función de la presión y/o del tiempo de dispensación transcurrido, proporcionando el perfil de temperatura objetivo para el recipiente receptor temperaturas objetivo que aumentan durante la dispensación desde una temperatura inicial a una temperatura objetivo final;

(d) determinar una desviación entre la temperatura aparente (T_{112}) y la temperatura objetivo (T_{target}) a partir del perfil de temperatura objetivo,

(e) variar el caudal de gas comprimido durante la dispensación por medio del dispositivo de control de flujo (104) en respuesta a la desviación para conformar el perfil de temperatura que el recipiente receptor (108) experimenta durante la dispensación al perfil de temperatura objetivo, y

5 (f) repetir los pasos (b) a (e) durante el proceso de dispensación.

Aspecto número 2: El método del aspecto 1, donde la temperatura objetivo (T_{target}) se obtiene en función ($T_{\text{target}}(p_{110})$) de una presión (p_{110}) que es representativa de la presión instantánea del gas comprimido en el recipiente receptor (108).

10 Aspecto número 3: El método de alguno de los aspectos anteriores, donde el paso (c) incluye determinar una presión aparente (p_{110}) que es representativa de la presión instantánea del gas comprimido en el recipiente receptor (108) y proporcionar la temperatura objetivo (T_{target}) generando la temperatura objetivo en función ($T_{\text{target}}(p_{110})$) de la presión aparente (p_{110}).

15 Aspecto número 4: El método de alguno de los aspectos anteriores, incluyendo además el paso de determinar una presión aparente inicial (P_0) representativa de una presión inicial del gas comprimido en el recipiente receptor (108) antes de pasar gas comprimido al recipiente receptor (108), donde el perfil de temperatura objetivo se determina dependiendo de la presión aparente inicial (P_0).

20 Aspecto número 5: El método de alguno de los aspectos anteriores, incluyendo además el paso de determinar una temperatura aparente inicial (T_0) representativa de una temperatura inicial del recipiente receptor (108) antes de pasar gas comprimido al recipiente receptor (108), donde el perfil de temperatura objetivo se obtiene dependiendo de la temperatura aparente inicial (T_0).

25 Aspecto número 6: El método de alguno de los aspectos anteriores, incluyendo además el paso de proporcionar una temperatura máxima (T_{max}) representativa de una temperatura máxima permisible del recipiente receptor (108), donde el perfil de temperatura objetivo se determina dependiendo de la temperatura máxima (T_{max}).

30 Aspecto número 7: El método de alguno de los aspectos anteriores, donde el gas comprimido es dispensado al recipiente receptor (108) a una tasa de aumento de presión, y la tasa de aumento de presión se varía para conformar el perfil de temperatura del recipiente receptor al perfil de temperatura objetivo.

35 Aspecto número 8: El método de alguno de los aspectos anteriores donde el gas comprimido es dispensado al recipiente receptor (108) a una tasa de aumento de presión, y la tasa de aumento de presión se varía para disminuir la desviación entre las temperaturas aparentes (T_{112}) y las temperaturas objetivo (T_{target}).

40 Aspecto número 9: El método de alguno de los aspectos anteriores, donde el perfil de temperatura de recipiente receptor es predeterminado, y lineal o basado en un modelo de calentamiento del recipiente receptor.

45 Aspecto número 10: El método de alguno de los aspectos anteriores, donde el perfil de temperatura objetivo se obtiene como una trayectoria de temperatura en función de una presión aparente que es representativa de la presión instantánea de gas comprimido en el recipiente receptor y/o el tiempo de dispensación transcurrido.

50 Aspecto número 11: El método de alguno de los aspectos anteriores, donde el perfil de temperatura objetivo se determina dependiendo de al menos uno de una temperatura objetivo final deseada ($T_{\text{target, final}}$) y una presión objetivo final deseada ($P_{\text{target, final}}$) del gas comprimido en el recipiente receptor (108) al final de la dispensación.

55 Aspecto número 12: El método de alguno de los aspectos anteriores, donde el perfil de temperatura objetivo (T_{target}) se obtiene como una función

$$T_{\text{target}} = T_{\text{target}}(p_{110}), T_{\text{max}}, P_0, T_0, T_{\text{target, final}}, P_{\text{target, final}}$$

donde

55 p_{110} es una presión aparente representativa de la presión instantánea del gas en el recipiente receptor,

T_{max} es una temperatura máxima representativa de una temperatura máxima permisible del recipiente receptor,

60 P_0 es una presión aparente inicial representativa de una presión inicial del gas comprimido en el recipiente receptor antes de pasar gas comprimido al recipiente receptor,

T_0 es una temperatura aparente inicial representativa de una temperatura inicial del recipiente receptor antes de pasar gas comprimido al recipiente receptor,

65 $T_{\text{target, final}}$ es una temperatura objetivo final deseada cuando finaliza la dispensación, y

$P_{\text{target, final}}$ es una presión objetivo final deseada cuando finaliza la dispensación.

5 Aspecto número 13: El método de alguno de los aspectos anteriores, donde el perfil de temperatura objetivo (T_{target}) se obtiene como una función de una presión aparente (p_{110}) del gas comprimido en el recipiente receptor (108) de la siguiente manera:

$$T_{\text{target}} = T_{\text{target}}(p_{110}) = T_{\text{max}} - X * p_{110}^Y,$$

10 donde

p_{110} es la presión aparente representativa de la presión instantánea del gas en el recipiente receptor (108),

15 T_{max} es una temperatura máxima representativa de una temperatura máxima permisible del recipiente receptor, y

X, Y son coeficientes calculados a partir de la temperatura máxima (T_{max}), una presión aparente inicial (P_0) en el recipiente receptor representativa de una presión inicial del gas comprimido en el recipiente receptor antes de pasar gas comprimido al recipiente receptor, una temperatura aparente inicial (T_0) representativa de una temperatura inicial del recipiente receptor (108) antes de pasar gas comprimido al recipiente receptor, una temperatura objetivo final deseada ($T_{\text{target, final}}$) cuando finaliza la dispensación, y una presión final deseada ($P_{\text{target, final}}$) cuando finaliza la dispensación.

25 Aspecto número 14: El método de alguno de los aspectos anteriores, incluyendo además los pasos de supervisar una temperatura aparente (T_{112}) que es representativa de la temperatura instantánea del recipiente receptor (108), y crear una alarma y/o terminar la operación de dispensación si la temperatura aparente (T_{112}) no sube o no cambia según lo esperado cuando prosigue la dispensación.

30 Aspecto número 15: El método de alguno de los aspectos anteriores, incluyendo además los pasos de supervisar (i) una temperatura aparente (T_{112}) que es representativa de la temperatura instantánea del recipiente receptor (108), y (ii) una presión aparente (p_{110}) representativa de la presión instantánea del gas en el recipiente receptor (108), y crear una alarma y/o terminar la operación de dispensación si la temperatura aparente (T_{112}) no sube o no cambia según lo esperado cuando aumenta la presión real (p_{110}).

35 Los aspectos 14 y 15 se describen aquí específicamente en conexión con la invención de proporcionar un perfil de temperatura de recipiente receptor y regular el flujo del gas comprimido para conformación a dicho perfil. La supervisión de la temperatura aparente proporciona la ventaja de que puede detectarse una señal de temperatura falsa. Una señal de temperatura falsa puede ser producida, por ejemplo, por un equipo de detección de temperatura defectuoso de un recipiente receptor o en el lado de un recipiente receptor, en particular de un vehículo incluyendo el recipiente receptor, o una conexión defectuosa. La supervisión de la temperatura aparente puede incluir los pasos de determinar una primera temperatura aparente en un primer intervalo de tiempo y una segunda temperatura aparente en un segundo intervalo de tiempo, siendo la primera temperatura aparente y la segunda temperatura aparente representativas de una temperatura instantánea del recipiente receptor y siguiendo el segundo intervalo de tiempo al primer intervalo de tiempo. La supervisión puede incluir además determinar una diferencia aparente entre la primera temperatura aparente y la segunda temperatura aparente, y comparar la diferencia aparente con un perfil de temperatura de recipiente para el recipiente receptor derivado de un modelo de calentamiento de recipiente, el perfil o el modelo implementado en el controlador.

50 Aspecto número 16: El método de alguno de los aspectos anteriores, incluyendo además los pasos de (i) determinar una diferencia objetivo (ΔT_{target}) entre una primera temperatura objetivo ($T_{\text{target,1}}$) obtenida en un primer intervalo de tiempo y una segunda temperatura objetivo ($T_{\text{target,2}}$) obtenida en un segundo intervalo de tiempo del proceso de llenado, siguiendo el segundo intervalo de tiempo al primer intervalo de tiempo,

55 (ii) determinar una primera temperatura aparente ($T_{112,1}$) en el primer intervalo de tiempo y una segunda temperatura aparente ($T_{112,2}$) en el segundo intervalo de tiempo, siendo la primera temperatura aparente y la segunda temperatura aparente representativas de una temperatura instantánea del recipiente receptor,

(iii) determinar una diferencia aparente (ΔT_{112}) entre la primera temperatura aparente y la segunda temperatura aparente,

60 (iv) comparar la diferencia aparente (ΔT_{112}) con la diferencia objetivo (ΔT_{target}), y

(v) crear la alarma y/o terminar la operación de llenado si la diferencia aparente (ΔT_{112}) es menor que la diferencia objetivo (ΔT_{target}) y la relación de diferencia objetivo a diferencia aparente ($\Delta T_{\text{target}} / \Delta T_{112}$) es más grande que una relación umbral, siendo preferiblemente la relación umbral al menos 2 (dos).

Aspecto número 17: Un sistema para llenar un recipiente receptor con gas comprimido, incluyendo el sistema:

- (a) un suministro (102) de gas comprimido,
- 5 (b) un recipiente receptor (108),
- (c) un medio de transporte de fluido (103) para conectar operativamente el suministro (102) y el recipiente receptor (108),
- 10 (d) un dispositivo de control de flujo (104) capaz de variar el caudal de gas comprimido a través del medio de transporte de fluido (103),
- (e) un sensor de temperatura (112) para detectar temperaturas aparentes (T_{112}) representativas de la temperatura instantánea del recipiente receptor (108) y generar señales de temperatura en base a las temperaturas aparentes (T_{112}), y
- 15 (f) un controlador de flujo (114) para controlar el dispositivo de control de flujo (104) en respuesta a las señales de temperatura procedentes del sensor de temperatura (112),
- 20 (g) donde el controlador de flujo (114) está configurado para almacenar un perfil de temperatura objetivo de temperaturas objetivo (T_{target}) representativas de una temperatura objetivo del recipiente receptor (108) durante la dispensación, siendo el perfil de temperatura objetivo una trayectoria de temperaturas objetivo en función de la presión y/o el tiempo transcurrido, y aumentando las temperaturas objetivo desde una temperatura inicial a una temperatura objetivo final,
- 25 (h) donde el controlador de flujo (114) está configurado para calcular, sucesivamente durante la dispensación, desviaciones entre la respectiva temperatura aparente (T_{112}) y las temperaturas objetivo asociadas (T_{target}) del perfil de temperatura objetivo,
- 30 (i) y donde el controlador de flujo (114) está configurado para ordenar al dispositivo de control de flujo (104) que varíe el caudal de gas comprimido en respuesta a las desviaciones para conformar un perfil de temperatura aparente del recipiente receptor (108) en base a las temperaturas aparentes (T_{112}) al perfil de temperatura objetivo.

Aspecto número 18: El sistema del aspecto precedente, donde el controlador de flujo (114) incluye una memoria de datos para almacenar datos de temperatura incluyendo las temperaturas objetivo (T_{target}) y las temperaturas aparentes (T_{112}), y un comparador para determinar las desviaciones.

Aspecto número 19: El sistema del aspecto 17 o 18, incluyendo además un sensor de presión (110) para detectar presiones aparentes (p_{110}) representativas de las presiones instantáneas del gas en el recipiente receptor (108) y generar señales de presión en base a las presiones aparentes (p_{110}), donde el controlador de flujo (114) incluye un generador para proporcionar las temperaturas objetivo (T_{target}) generando las temperaturas objetivo, sucesivamente durante la dispensación, en función ($T_{target}(p_{110})$) de las señales de presión.

Aspecto número 20: El sistema del aspecto precedente, donde el controlador de flujo (114) incluye un comparador para determinar las desviaciones entre las temperaturas aparentes (T_{112}) y las temperaturas objetivo (T_{target}).

Aspecto número 21: El sistema del aspecto 19 o 20, donde el controlador de flujo (114) incluye una memoria de datos para almacenar datos de temperatura y datos de presión incluyendo la temperatura objetivo (T_{target}), opcionalmente la temperatura aparente (T_{112}), y la presión aparente (p_{110}), donde el generador está configurado para generar la temperatura objetivo (T_{target}) según una fórmula programada o cableada que contiene la presión aparente (p_{110}) como una variable y uno o varios coeficientes (X, Y) que son constantes durante el proceso de dispensación.

Aspecto número 22: El sistema del aspecto precedente, donde los coeficientes (X, Y) son derivados de al menos una de una presión inicial (P_0) y una temperatura inicial (T_0) representativas de la presión o la temperatura del gas comprimido en el recipiente receptor (108) a o cerca del inicio del proceso de dispensación.

Aspecto número 23: El sistema del aspecto 21 o 22, donde los coeficientes (X, Y) son derivados de al menos una de una presión objetivo ($P_{target, final}$) y una temperatura objetivo final deseada ($T_{target, final}$) representativa de la presión o la temperatura del gas en el recipiente receptor (108) al final del proceso de dispensación, estando predeterminadas la presión deseada ($P_{target, final}$) y/o temperatura objetivo final ($T_{target, final}$) como uno o varios de un valor preestablecido, seleccionable y recibile.

Aspecto número 24: El sistema de alguno de los aspectos 17 a 23, donde el controlador (114) está configurado, por cableado y/o programación, para realizar el método de al menos uno de los aspectos 1 a 16.

65 **Breve descripción de varias vistas de los dibujos**

La invención se explica a continuación a modo de ejemplo con referencia a las figuras. Los elementos descritos, cada uno individualmente y en cualquier combinación de elementos, desarrollan ventajosamente la materia de las reivindicaciones y también las realizaciones y aspectos descritos anteriormente.

La figura 1 representa un sistema de dispensación de gas según la invención.

La figura 2 representa un gráfico de la temperatura objetivo y la temperatura aparente conjuntamente con la tasa de rampa de presión en función del tiempo de dispensación transcurrido.

La figura 3 representa un gráfico de la temperatura objetivo, la temperatura aparente y la tasa de rampa de presión, cada una en función de la presión aparente.

Descripción detallada

La descripción detallada siguiente proporciona realizaciones ejemplares preferidas solamente, y no tiene la finalidad de limitar el alcance, la aplicabilidad o la configuración de la invención. Más bien, la descripción detallada siguiente de las realizaciones ejemplares preferidas proporcionará a los expertos en la técnica una descripción que les permite implementar las realizaciones ejemplares preferidas de la invención, bien entendido que se puede hacer varios cambios en la función y la disposición de los elementos sin apartarse del alcance de la invención definido por las reivindicaciones.

Los artículos “un/uno/una” en el sentido en que se usan aquí significan uno o varios cuando se aplican a algún elemento en realizaciones de la presente invención descrita en la memoria descriptiva y las reivindicaciones. El uso de “un/uno/una” no limita el significado a un solo elemento a no ser que tal límite se indique específicamente. El artículo “el/la/los/las” antes de sustantivos en singular o en plural o en expresiones sustantivas denota un elemento o elementos concretos especificados y puede tener una connotación singular o plural dependiendo del contexto en el que se usa. El adjetivo “alguno” significa uno, algún o todos de forma indiscriminada de cualquier 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 una de las entidades de la lista incluyendo cualquier combinación específica de entidades de dicha lista.

En las reivindicaciones pueden utilizarse letras para identificar pasos reivindicados (por ejemplo, (a), (b), y (c)). Estas letras se usan como ayuda para hacer referencia a los pasos del método y no tienen la finalidad de indicar el orden en el que se llevan a cabo los pasos reivindicados, a no ser que y solamente en la medida en que tal orden se expone específicamente en las reivindicaciones.

La figura 1 ilustra una realización ejemplar de un sistema de llenado de recipiente 100 según la invención. El sistema 100 incluye un suministro de gas comprimido 102 en forma de un recipiente de suministro, un recipiente receptor 108, y un medio de transporte de fluido 103 que conecta operativamente el recipiente receptor 108 al suministro 102. Se puede disponer operativamente un intercambiador de calor 105 en el medio de transporte de fluido 103 entre el recipiente de suministro 102 y el recipiente receptor 108. El recipiente receptor 108 está equipado con equipo de detección de presión y temperatura incluyendo un sensor de presión 110 y un sensor de temperatura 112 con transductores asociados. El sistema 100 incluye además un dispositivo de control de flujo 104 dispuesto en el medio de transporte de fluido 103, y un controlador de flujo 114 que comunica con el sensor de presión 110 y el sensor de temperatura 112 para recibir señales de presión del sensor de presión 110 y señales de temperatura del sensor de temperatura 112. El medio de transporte de fluido 103 está formado de un solo conducto. Sin embargo, puede incluir uno o varios conductos adicionales en paralelo uno con otro, por ejemplo, similar al medio de transporte de fluido descrito en US 2007/0079892 A1. El dispositivo de control de flujo 104 se ejemplifica como una válvula de control de flujo, preferiblemente una válvula de solenoide. El dispositivo de control de flujo 104 puede ser cualquier tipo de dispositivo de control de flujo capaz de variar una zona de flujo en sección transversal del medio de transporte de fluido 103 de forma incremental o, preferiblemente, de forma continua.

El controlador 114 comunica con el dispositivo de control de flujo 104 para dar órdenes al dispositivo de control 104 en respuesta a señales recibidas de los sensores de presión y temperatura 110 y 112. El dispositivo de control 104 y el controlador de flujo 114 están configurados para controlar el caudal del gas comprimido desde el suministro 102 al recipiente receptor 108. El controlador 114 puede estar adaptado, en particular, para controlar el dispositivo de control 104 y, por lo tanto, el caudal de gas de tal manera que el recipiente receptor 108 se llene a una tasa de aumento de presión adaptada a la temperatura, una tasa de rampa de presión adaptada a la temperatura, es decir, un aumento de presión de gas en el recipiente receptor 108 por unidad de tiempo medido, por ejemplo, en MPa/minuto. El controlador 114 puede ser en particular un PLC, capaz de seleccionar la tasa de rampa de presión.

La tasa de rampa de presión se selecciona para controlar la temperatura del recipiente receptor 108, determinada por medio del sensor de temperatura 112, para conformación a un perfil de temperatura objetivo preestablecido, es decir, una trayectoria de aumento de temperatura. El método de control puede ser cualquier método de control

estándar, tal como control de alimentación directa, realimentación y/o PID. En la realización ejemplar, en la que la temperatura aparente T_{112} puede medirse por medio del sensor de temperatura 112, el caudal del gas comprimido puede ser regulado por el controlador 114 y el dispositivo de control 104 en un método de control de realimentación, a voluntad. El sensor de temperatura 112 mide la temperatura del gas dentro del recipiente receptor 108. La temperatura de gas puede ser tomada directamente como la temperatura aparente T_{112} dado que representa la temperatura de estructuras críticas del recipiente receptor 108 con buena aproximación. Sin embargo, la temperatura medida de gas puede regularse, en cambio, por ejemplo, según un modelo de transferencia de calor entre el gas y la estructura de recipiente circundante. En lugar de medir la temperatura de gas, el sensor de temperatura 112, en variantes modificadas, puede medir directamente la temperatura de una estructura de calor crítica del recipiente receptor 108, y, en tales variantes, puede estar situado, por ejemplo, en o dentro de una estructura de envuelta del recipiente o medir el calor irradiado por la envuelta del recipiente receptor 108.

La trayectoria de aumento de temperatura, es decir, el perfil de temperatura objetivo, puede ser lineal o cualquier otra ecuación de trayectoria de aumento, en base a modelos de calentamiento de recipiente. Un perfil de temperatura objetivo proporcionado como una ecuación de aumento de temperatura puede ser una función del tiempo transcurrido desde que empezaron la alimentación y el llenado de gas y/o una presión aparente P_{110} representativa de la presión instantánea en el recipiente receptor 108. La presión aparente P_{110} se determina por medio del sensor de presión 110. El sensor de presión 110 puede estar situado, en particular, de tal manera que mida directamente la presión del gas dentro del recipiente receptor 108.

El perfil de temperatura objetivo puede responder en particular a la ecuación:

$$T_{\text{target}} = T_{\text{target}}(P_{110}) = T_{\text{max}} - X * P_{110}^Y$$

donde

T_{target} es una temperatura objetivo del perfil de temperatura objetivo [°C], aquí $T_{\text{target}}(p)$

T_{max} es una temperatura de recipiente nominal máxima [°C], por ejemplo, 85°C

p_{110} es la presión aparente determinada, por ejemplo, por medición en el recipiente receptor 108

$$X = e^{(\text{LN}(J) / (H-1))} \quad (\text{sin unidades})$$

$$Y = (\text{LN}(C) / X) / \text{LN}(P_{\text{target, final}}) \quad (\text{sin unidades})$$

$$H = \text{LN}(P_0) / \text{LN}(P_{\text{target, final}}) \quad (\text{sin unidades})$$

$$J = C^H / A \quad (\text{sin unidades})$$

$A = T_{\text{max}} -$ temperatura inicial T_0 del recipiente receptor [°C]

$P_0 =$ presión inicial en el recipiente receptor [MPa]

$C = T_{\text{max}} -$ temperatura objetivo final deseada $T_{\text{target, final}}$ [°C]

$P_{\text{target, final}} =$ presión objetivo final deseada en el recipiente receptor al final del llenado [MPa]

La ecuación anterior u otra ecuación apropiada en la que el perfil de temperatura objetivo, es decir, las temperaturas objetivo, son generadas en tiempo real durante la dispensación, se implementa en el controlador 114, como un circuito cableado o preferiblemente como una rutina programada. Cuando el controlador 114 recibe la presión aparente p_{110} y la temperatura aparente T_{112} , genera la temperatura objetivo T_{target} según la ecuación de aumento de temperatura implementada y compara el par instantáneo de temperaturas, a saber, la temperatura objetivo T_{target} y la temperatura aparente T_{112} , para determinar una desviación ΔT de la temperatura aparente T_{110} de la temperatura objetivo T_{target} . Dependiendo del prefijo y/o de la cantidad de la desviación, por ejemplo, la diferencia sencilla de la temperatura aparente T_{112} de la temperatura objetivo T_{target} , el controlador 114 crea una variable de accionamiento AV para dar órdenes al dispositivo de control de flujo 104 de tal manera que la desviación ΔT se reduzca. El controlador 114 ordena al dispositivo de control 104 que disminuya el caudal del gas comprimido si la comparación

pone de manifiesto que la temperatura aparente T_{112} es demasiado alta y ordena al dispositivo de control 104 que incremente el caudal si la temperatura aparente T_{112} es demasiado baja.

El controlador 114 puede dar órdenes al dispositivo de control 104 de tal manera que la temperatura aparente T_{112} se mantenga por debajo de la temperatura objetivo T_{target} en la medida de un cierto margen de seguridad de temperatura. Tal control también se considera “conforme” al perfil de temperatura. Si la temperatura aparente es, por ejemplo, $+5/-15^{\circ}\text{C}$ del perfil de temperatura objetivo, el perfil de temperatura aparente se puede considerar conforme al perfil de temperatura objetivo. El perfil de temperatura aparente puede conformarse más estrictamente al perfil de temperatura objetivo, por ejemplo, $+5/-10^{\circ}\text{C}$ o $+1/-5^{\circ}\text{C}$ del perfil de temperatura objetivo. El perfil de temperatura aparente se produce a partir de las temperaturas aparentes, es decir, resulta de las temperaturas aparentes del recipiente receptor durante la dispensación. El perfil de temperatura aparente puede incluir las temperaturas aparentes durante la dispensación o valores calculados a partir de las temperaturas aparentes. La temperatura aparente puede almacenarse en memoria de ordenador, pero el almacenamiento del perfil de temperatura aparente no es necesario.

La temperatura de recipiente nominal máxima T_{max} será típicamente una temperatura preestablecida válida para todos los tipos de recipientes que puedan ser llenados por el sistema 100. Sin embargo, el sistema 100, por ejemplo, el controlador de flujo 114, también puede ser capaz de identificar la temperatura de recipiente nominal máxima del recipiente receptor 108 a llenar, respectivamente, y seleccionar T_{max} consiguientemente.

Los coeficientes X y Y se basan exclusivamente en valores preestablecidos o preseleccionables y variables de proceso que se determinan solamente una vez poco antes, en o poco después de comenzar la alimentación del gas comprimido y el llenado del recipiente receptor 108. Estos valores y variables de proceso son T_{max} , la temperatura inicial T_0 del recipiente receptor 108, la presión inicial P_0 en el recipiente receptor 108, la temperatura objetivo final deseada y la presión deseada en el recipiente receptor 108 al final del llenado. La temperatura inicial T_0 puede ser en particular la temperatura aparente T_{112} medida por medio del sensor de temperatura 110 poco antes, en o poco después de comenzar el proceso de dispensación. La presión inicial puede determinarse, por ejemplo, medirse, poco antes, en o poco después del inicio de la alimentación del gas comprimido y del llenado del recipiente receptor, y puede ser p_{110} en ese momento. La temperatura objetivo final deseada es un valor de temperatura superior preseleccionado del perfil de temperatura y es un valor de temperatura inferior a T_{max} . La presión deseada en el recipiente receptor 108 al final del llenado es un valor de presión superior preseleccionado del recipiente receptor 108. La presión deseada al final del llenado puede ser un valor preestablecido del controlador de flujo 114 o ser determinada por el controlador de flujo 114 en base a datos de identificación opcionalmente recibidos del recipiente receptor 108, automáticamente a la conexión o introducidos por un operador. Una vez que T_{max} ha sido seleccionada, por ejemplo, como un valor preestablecido o como un valor recibido del recipiente receptor 108 o de un sistema en el que el recipiente 108 está incrustado, por ejemplo, un automóvil o camión, y los coeficientes X y Y han sido calculados, la presión aparente p_{110} es la única variable de la ecuación de aumento de temperatura mientras prosigue el llenado.

40 Ejemplo

La figura 2 es un gráfico derivado de un proceso de dispensación ejemplar según la invención. Es un gráfico de la temperatura objetivo T_{target} según la ecuación de aumento de temperatura anterior, la temperatura de recipiente receptor T_{112} , y la tasa de rampa de presión, es decir, la tasa de cambio de presión dentro del recipiente receptor 108, medida en MPa por minuto. En el eje x, el tiempo de dispensación transcurrido se indica en minutos y segundos, donde 0:00,30 son 30 segundos, 0:01:00 es uno minuto, etc, del tiempo transcurrido. En el proceso de llenado ejemplar, el recipiente receptor 108 se ha llenado en condiciones de campo hasta una temperatura objetivo de 60°C . Las secciones de los gráficos pertenecientes a las temperaturas superiores a 60°C han sido derivadas por extrapolación de los datos recogidos durante el proceso de dispensación ejemplar.

Como se puede derivar del gráfico, se logra una buena adaptación subiendo la tasa de rampa en una primera fase del proceso de llenado hasta un pico y disminuyéndola lentamente del pico en una segunda fase consecutiva del proceso de llenado a un valor que puede mantenerse relativamente constante durante el resto del proceso de llenado.

En la figura 3, la temperatura objetivo T_{target} , la temperatura aparente T_{112} y la tasa de rampa se representan en función de la presión dentro del recipiente receptor 108, para que, en particular, pueda tomarse la presión aparente p_{110} . Los gráficos de la figura 3, temperatura de recipiente, temperatura objetivo y tasa de rampa, representan exclusivamente datos del proceso de dispensación ejemplar realizado en condiciones de campo.

REIVINDICACIONES

1. Un método para dispensar un gas comprimido a un recipiente receptor (108) empleando un suministro (102) de gas comprimido, un medio de transporte de fluido (103) que conecta operativamente el suministro (102) al recipiente receptor (108), un dispositivo de control de flujo (104) capaz de variar el caudal del gas comprimido a través del medio de transporte de fluido (103), y un controlador de flujo (114) para controlar el dispositivo de control de flujo (104), incluyendo el método los pasos de:
- (a) pasar gas comprimido desde el suministro (102) a través del medio de transporte de fluido (103) al recipiente receptor (108); y
- (b) determinar una temperatura aparente (T_{112}) que es representativa de una temperatura instantánea del recipiente receptor (108);
- 15 caracterizado por**
- (c) proporcionar una temperatura objetivo (T_{target}) a partir de un perfil de temperatura objetivo para el recipiente receptor (108), proporcionándose el perfil de temperatura objetivo como una trayectoria de las temperaturas objetivo en función de la presión y/o del tiempo de dispensación transcurrido, proporcionando el perfil de temperatura objetivo para el recipiente receptor temperaturas objetivo que aumentan durante la dispensación desde una temperatura objetivo inicial a una temperatura objetivo final;
- (d) determinar una desviación entre la temperatura aparente (T_{112}) y la temperatura objetivo (T_{target}) del perfil de temperatura objetivo;
- (e) variar el caudal de gas comprimido durante la dispensación por medio del dispositivo de control de flujo (104) en respuesta a la desviación para conformar un perfil de temperatura que el recipiente receptor (108) experimenta durante la dispensación al perfil de temperatura objetivo; y
- (f) repetir los pasos (b) a (e) durante el proceso de dispensación.
2. El método de la reivindicación precedente,
- donde la temperatura objetivo (T_{target}) se obtiene como una función ($T_{target}(p_{110})$) de una presión aparente (p_{110}) que es representativa de la presión instantánea del gas comprimido en el recipiente receptor (108),
- o donde el paso (c) incluye determinar una presión aparente (p_{110}) que es representativa de la presión instantánea del gas comprimido en el recipiente receptor (108) y determinar la temperatura objetivo (T_{target}) generando la temperatura objetivo como una función ($T_{target}(p_{110})$) de la presión aparente.
3. El método de alguna de las reivindicaciones precedentes, incluyendo además uno, dos o los tres pasos siguientes (i) a (iii):
- (i) el paso de determinar una presión aparente inicial (P_0) representativa de una presión inicial del gas comprimido en el recipiente receptor (108) antes de pasar gas comprimido al recipiente receptor (108), donde el perfil de temperatura objetivo se determina dependiendo de la presión aparente inicial (P_0),
- (ii) el paso de determinar una temperatura aparente inicial (T_0) representativa de una temperatura inicial del recipiente receptor (108) antes de pasar gas comprimido al recipiente receptor, donde el perfil de temperatura objetivo se determina dependiendo de la temperatura aparente inicial (T_0),
- y
- (iii) el paso de proporcionar una temperatura máxima (T_{max}) representativa de una temperatura máxima permisible del recipiente receptor (108), donde el perfil de temperatura objetivo se determina dependiendo de la temperatura máxima (T_{max}).
4. El método de alguna de las reivindicaciones precedentes, donde el gas comprimido es dispensado al recipiente receptor (108) a una tasa de aumento de presión, y la tasa de aumento de presión se varía (i) para conformar el perfil de temperatura del recipiente receptor (108) al perfil de temperatura objetivo y/o (ii) para disminuir la desviación entre las temperaturas aparentes (T_{112}) y las temperaturas objetivo (T_{target}).
5. El método de alguna de las reivindicaciones precedentes,
- donde el perfil de temperatura objetivo es predeterminado, y lineal o basado en un modelo de calentamiento de recipiente receptor, y/o

donde el perfil de temperatura objetivo se obtiene como una trayectoria de temperatura en función de una presión aparente (p_{110}) que es representativa de la presión instantánea de gas comprimido en el recipiente receptor (108) y/o el tiempo de dispensación transcurrido, y/o

5 donde el perfil de temperatura objetivo se determina dependiendo de al menos una de una temperatura objetivo final deseada ($P_{\text{target, final}}$) y una presión objetivo final deseada ($T_{\text{target, final}}$) del gas comprimido en el recipiente receptor al final de la dispensación.

10 6. El método de alguna de las reivindicaciones precedentes, donde el perfil de temperatura objetivo se obtiene como una función, $T_{\text{target}} = T_{\text{target}}(p_{110}, T_{\text{max}}, P_0, T_0, T_{\text{target, final}}, P_{\text{target, final}})$, donde

p_{110} es una presión aparente representativa de la presión instantánea del gas en el recipiente receptor (108),

15 T_{max} es una temperatura máxima representativa de una temperatura máxima permisible del recipiente receptor (108),

P_0 es una presión aparente inicial representativa de una presión inicial del gas comprimido en el recipiente receptor (108) antes de pasar gas comprimido al recipiente receptor (108),

20 T_0 es una temperatura aparente inicial representativa de una temperatura inicial del recipiente receptor (108) antes de pasar gas comprimido al recipiente receptor (108),

$T_{\text{target, final}}$ es una temperatura objetivo final deseada cuando finaliza la dispensación, y

25 $P_{\text{target, final}}$ es una presión objetivo final deseada cuando finaliza la dispensación.

7. El método de alguna de las reivindicaciones precedentes, donde el perfil de temperatura objetivo se obtiene como una función de una presión aparente (p_{110}) del gas comprimido en el recipiente receptor (108) de la siguiente manera:

30 $T_{\text{target}} = T_{\text{target}}(p_{110}) = T_{\text{max}} - X * p_{110}^Y$,

donde

35 p_{110} es la presión aparente representativa de la presión instantánea del gas en el recipiente receptor (108),

T_{max} es una temperatura máxima representativa de una temperatura máxima permisible del recipiente receptor (108), y

40 X, Y son coeficientes calculados a partir de la temperatura máxima (T_{max}), una presión aparente inicial (P_0) en el recipiente receptor (108) representativa de una presión inicial del gas comprimido en el recipiente receptor antes de pasar gas comprimido al recipiente receptor, una temperatura aparente inicial (T_0) representativa de una temperatura inicial del recipiente receptor antes de pasar gas comprimido al recipiente receptor, una temperatura objetivo final deseada ($T_{\text{target, final}}$) cuando finaliza la dispensación, y una presión final deseada ($T_{\text{target, final}}$) cuando finaliza la dispensación.

45 8. El método de alguna de las reivindicaciones precedentes, incluyendo además

50 - los pasos de supervisar una temperatura aparente (T_{112}) que es representativa de la temperatura instantánea del recipiente receptor (108), y crear una alarma y/o terminar la operación de llenado si la temperatura aparente (T_{112}) no sube o no cambia según lo esperado cuando prosigue la dispensación;

55 - o los pasos de supervisar (i) una temperatura aparente (T_{112}) que es representativa de la temperatura instantánea del recipiente receptor (108), y (ii) una presión aparente (p_{110}) representativa de la presión instantánea del gas en el recipiente receptor (108), y crear una alarma y/o terminar la operación de llenado si la temperatura aparente (T_{112}) no sube o no cambia según lo esperado cuando sube la presión real (p_{110}).

9. El método de alguna de las reivindicaciones precedentes, incluyendo además los pasos de

60 (i) determinar una diferencia objetivo (ΔT_{target}) entre una primera temperatura objetivo ($T_{\text{target,1}}$) obtenida en un primer intervalo de tiempo y una segunda temperatura objetivo ($T_{\text{target,2}}$) obtenida en un segundo intervalo de tiempo del proceso de llenado, siguiendo el segundo intervalo de tiempo al primer intervalo de tiempo,

65 (ii) determinar una primera temperatura aparente ($T_{112,1}$) en el primer intervalo de tiempo y una segunda temperatura aparente ($T_{112,2}$) en el segundo intervalo de tiempo, siendo la primera temperatura aparente y la segunda temperatura aparente representativas de una temperatura instantánea del recipiente receptor (108),

(iii) determinar una diferencia aparente (ΔT_{112}) entre la primera temperatura aparente y la segunda temperatura aparente,

5 (iv) comparar la diferencia aparente (ΔT_{112}) con la diferencia objetivo (ΔT_{target}), y

(v) crear la alarma y/o terminar la operación de llenado si la diferencia aparente (ΔT_{112}) es menor que la diferencia objetivo (ΔT_{target}) y la relación de diferencia objetivo a diferencia aparente ($\Delta T_{\text{target}} / \Delta T_{112}$) es más grande que una relación umbral, siendo preferiblemente la relación umbral al menos 2 (dos).

10 10. Un sistema para dispensar gas comprimido a un recipiente receptor, incluyendo el sistema:

(a) un suministro (102) de gas comprimido;

15 (b) un recipiente receptor (108);

(c) un medio de transporte de fluido (103) para conectar operativamente el suministro (102) al recipiente receptor (108);

20 (d) un dispositivo de control de flujo (104) capaz de variar el caudal de gas comprimido a través del medio de transporte de fluido (103);

25 (e) un sensor de temperatura (112) para detectar temperaturas aparentes (T_{112}) representativas de las temperaturas instantáneas del recipiente receptor (108) y generar señales de temperatura en base a las temperaturas aparentes (T_{112}); y

(f) un controlador de flujo (114) para controlar el dispositivo de control de flujo (104) en respuesta a las señales de temperatura del sensor de temperatura (112);

30 (g) donde el controlador de flujo (114) está configurado para almacenar un perfil de temperatura objetivo para el recipiente receptor (108), siendo el perfil de temperatura objetivo una trayectoria de temperaturas objetivo en función de la presión y/o el tiempo de dispensación transcurrido, proporcionando el perfil de temperatura objetivo para el recipiente receptor (108) las temperaturas objetivo (T_{target}) durante la dispensación, aumentando las temperaturas objetivo desde una temperatura inicial a una temperatura objetivo final;

35 (h) donde el controlador de flujo (114) está configurado para calcular, sucesivamente durante la dispensación, desviaciones entre las temperaturas aparentes (T_{112}) y las temperaturas objetivo asociadas (T_{target}) del perfil de temperatura objetivo;

40 (i) y donde el controlador de flujo (114) está configurado para ordenar al dispositivo de control de flujo (104) que varíe el caudal de gas comprimido en respuesta a las desviaciones para conformar un perfil de temperatura aparente del recipiente receptor (108) en base a las temperaturas aparentes (T_{112}) al perfil de temperatura objetivo.

45 11. El sistema de la reivindicación precedente, donde:

el controlador de flujo incluye una memoria de datos para almacenar datos de temperatura incluyendo las temperaturas objetivo y las temperaturas aparentes (T_{target}), y un comparador para determinar las desviaciones.

50 12. El sistema de alguna de las reivindicaciones precedentes, incluyendo además un sensor de presión (110) para detectar presiones aparentes (p_{110}) representativas de las presiones instantáneas del gas comprimido en el recipiente receptor (108), y generar señales de presión en base a las presiones aparentes (p_{110}), donde el controlador de flujo (114) incluye un generador para determinar las temperaturas objetivo (T_{target}) generando las temperaturas objetivo, sucesivamente durante la dispensación, en función ($T_{\text{target}}(p_{110})$) de las señales de presión, incluyendo preferiblemente el controlador de flujo (114) un comparador para determinar las desviaciones entre las

55 temperaturas aparentes (T_{112}) y las temperaturas objetivo (T_{target}).

60 13. El sistema de la reivindicación precedente, donde el controlador de flujo (114) incluye una memoria de datos para almacenar datos de temperatura y datos de presión incluyendo la temperatura objetivo (T_{target}) y la presión aparente (p_{110}), donde el generador está configurado para generar la temperatura objetivo (T_{target}) según una fórmula programada o cableada que contiene la presión aparente (p_{110}) como una variable y uno o varios coeficientes (X, Y) que son constantes durante el proceso de dispensación.

14. El sistema de la reivindicación precedente,

65 donde los coeficientes (X, Y) se derivan de al menos una de una presión aparente inicial (P_0) y una temperatura aparente inicial (T_0), la presión aparente inicial (P_0) representativa de una presión inicial del gas comprimido en el

recipiente receptor (108) a o cerca del inicio del proceso de dispensación, y la temperatura aparente inicial (T_0) representativa de una temperatura inicial del recipiente receptor (108) a o cerca del inicio del proceso de dispensación,

- 5 y/o donde los coeficientes (X, Y) se derivan de al menos una de una presión objetivo final deseada ($P_{\text{target, final}}$) y una temperatura objetivo final deseada ($T_{\text{target, final}}$), la presión objetivo final deseada representativa de la presión del gas comprimido en el recipiente receptor (108) cuando finaliza la dispensación, y la temperatura objetivo final deseada representativa de la temperatura del gas comprimido en el recipiente receptor (108) cuando finaliza la dispensación, estando predeterminadas la presión objetivo final deseada y/o la temperatura objetivo final deseada como uno o
- 10 varios de un valor preestablecido, seleccionable y recibable.

FIG. 1

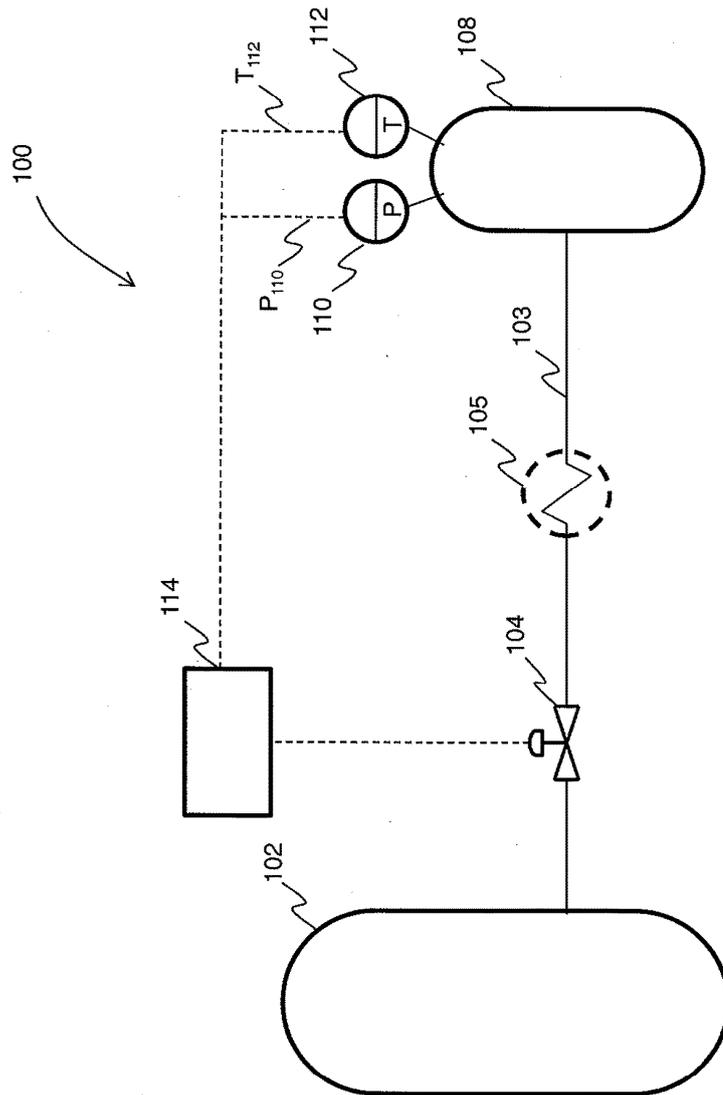


FIG. 2

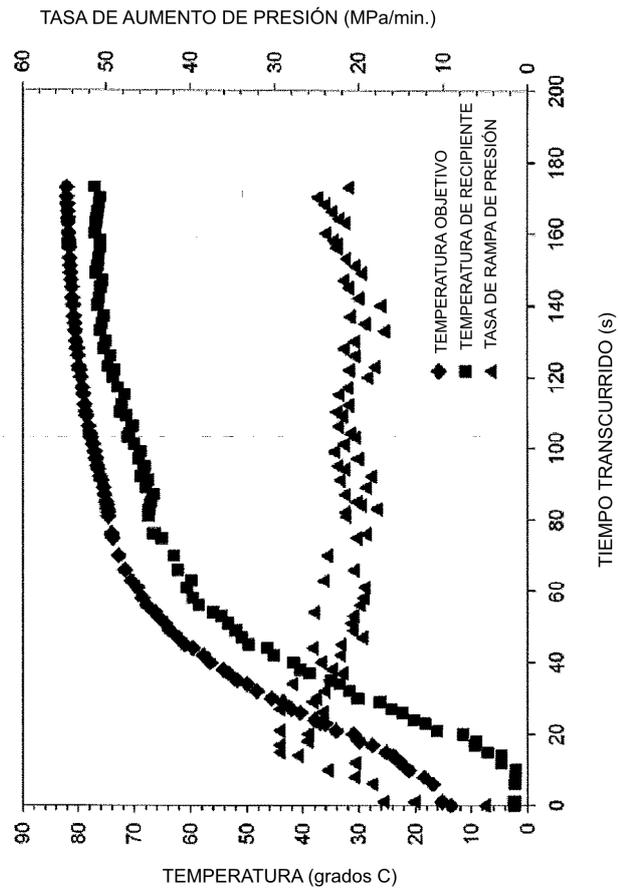


FIG. 3

