



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 280 291**

51 Int. Cl.:
F02M 21/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **01124033 .0**

86 Fecha de presentación : **09.10.2001**

87 Número de publicación de la solicitud: **1213462**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **12.06.2002**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para transportar un carburante criogénicamente almacenado.**

30 Prioridad: **07.12.2000 DE 100 60 791**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.09.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.09.2007

73 Titular/es:
**Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft
Petuelring 130
80809 München, DE**

72 Inventor/es: **Ringler, Jürgen y
Fickel, Hans-Christian**

74 Agente: **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 y dispositivo para transportar un carburante criogénicamente almacenado.

La invención concierne a un procedimiento y un dispositivo para transportar un carburante criogénicamente almacenado hasta un motor de combustión interna a fin de proporcionar un gas de trabajo combustible.

El almacenamiento de carburantes de bajo punto de ebullición - por ejemplo, hidrógeno - puede efectuarse en disposiciones de tanques aislados. Estas últimas disposiciones de tanques, denominadas también criotankes, se caracterizan por un peso propio relativamente pequeño y, aparte de esto, se caracterizan también por una relación favorable de espacio de montaje/capacidad de almacenamiento. Las disposiciones de tanques previstas para el almacenamiento del carburante criogénico, es decir, licuado por extracción de calor, se llenan usualmente haciendo que el carburante posteriormente aportado esté superenfriado en grado suficiente. En disposiciones de tanques para el almacenamiento de hidrógeno son necesarias para ello temperaturas del carburante por debajo de 20K. El carburante puede ser descargado del tanque en estado gaseoso y conducido a un sistema mezclador en el que se mezcla el carburante gaseoso, según una proporción estequiométrica prefijada, con un oxidante, por ejemplo con el oxígeno contenido en el aire ambiente. Es posible también descargar el carburante del tanque en estado líquido. A este respecto, es conocida, por ejemplo, por el documento DE 696 02 468 T2 una criobomba que se caracteriza por un bajo valor NPSH y que, por tanto, hace posible un transporte del carburante cerca del estado de ebullición. Sin embargo, las criobombas conocidas presentan una estructura de construcción complicada y, al cabo de prolongados tiempos de almacenaje del carburante y con un bajo grado de llenado del tanque, ofrecen una reducida capacidad de transporte.

Se conoce por el documento genérico US 2,850,882 A y el documento paralelo DAS 1 100 060, respectivamente conforme a un ejemplo de realización según la figura 3 y según la figura 1, un dispositivo para transportar un carburante criogénicamente almacenado en estado líquido con un depósito de reserva de carburante termoaislado para el almacenamiento del carburante, que comprende también un equipo de transporte para transportar el carburante hasta una tubería de carburante y un equipo de aumento de presión por medio del cual se incrementa la presión en el depósito de reserva de carburante en forma controlada/regulada por medio de un interruptor de presión durante el funcionamiento del equipo de transporte a fin de lograr un procedimiento de transporte seguro del carburante. Es desventajoso aquí el control o regulación de la presión del tanque basado solamente en la captación de la presión de dicho tanque, sin tener en cuenta que la presión del tanque es influenciada también por la respectiva presión de ebullición.

La invención se basa en el problema de mejorar el procedimiento conocido y el dispositivo conocido para transportar un carburante criogénicamente almacenado hasta un motor de combustión interna de tal manera que se garantice de manera fiable una afluencia suficiente de carburante proveniente del depósito de carburante.

Este problema se resuelve con la reivindicación 1

dirigida al procedimiento y con la reivindicación de dispositivo 12 propuesta para ejecutar el procedimiento.

Con la invención se puede mantener el carburante de manera ventajosa en un estado de ebullición para su refrigeración propia hasta inmediatamente antes de la puesta en funcionamiento del vehículo automóvil y, no obstante, se puede vaciar ampliamente el depósito de carburante al extraer carburante. Asimismo, debido al riesgo de cavitación eliminado de manera fiable se puede prescindir de los dispositivos de transporte previo necesarios hasta ahora.

De manera ventajosa, se aumenta la presión en el depósito de reserva de carburante hasta un nivel que es más alto que la suma de la presión de ebullición y la caída de presión del lado de aspiración en el equipo de transporte.

Según una forma de realización especialmente preferida de la invención, el aumento de la presión en el depósito de reserva de carburante se efectúa por alimentación de carburante gaseoso a dicho depósito de reserva de carburante. El carburante gaseoso alimentado al depósito de reserva de carburante es derivado preferiblemente de un acumulador de presión hacia dicho depósito de reserva de carburante.

El carburante gaseoso alimentado al depósito de reserva de carburante puede ser derivado de manera ventajosa de un sitio de la tubería de carburante situado aguas abajo del equipo de transporte, con lo que se calienta y así se evapora el carburante derivado. El calor alimentado al carburante derivado puede ser tomado del medio ambiente, preferiblemente a través de un intercambiador de calor configurado como un evaporador.

Según una forma de realización especialmente preferida de la invención, el equipo de transporte es accionado por un motor que está dispuesto en el depósito de reserva de carburante y que es refrigerado por el carburante. El equipo de transporte transporta el carburante preferiblemente a un nivel de presión que está en el rango de una presión de alimentación de la cámara de combustión. Resulta así posible formar el gas de trabajo combustible en el marco de un proceso de formación de mezcla interior en la cámara de combustión o de trabajo del motor de combustión interna.

De preferencia, inmediatamente después de la desconexión del equipo de transporte se hace que disminuya la presión en el tanque hasta la presión de ebullición determinada por la temperatura del carburante. Se hace así posible enfriar el carburante por evaporación propia. Esta evaporación propia es controlada preferiblemente mediante una regulación continuada de la presión del tanque. El carburante que cambia entonces al estado gaseoso puede ser alimentado a un consumidor secundario, especialmente una pila de combustible, una calefacción de estacionamiento o una APU. Es posible que se haga funcionar por medio del carburante que se libera un sistema de refrigeración con el cual se consigue una refrigeración adicional del contenido del tanque.

En el aspecto técnico del dispositivo el problema indicado al principio se resuelve según la invención por medio de un dispositivo para transportar un carburante criogénicamente almacenado en estado líquido hasta un motor de combustión interna con un depósito de reserva de carburante termoaislado para almacenar el carburante, un equipo de transporte para transpor-

tar el carburante a una tubería de carburante, también un equipo de medida para la temperatura del carburante y un equipo de aumento de presión que procesa temperaturas medidas del carburante a fin de aumentar selectivamente la presión en el depósito de reserva de carburante en una medida que sea mayor que la diferencia entre una caída de presión de afluencia originada en el lado de aspiración del equipo de transporte y la cantidad diferencial entre la presión que reina en el tanque en un lugar de entrada de la bomba y la presión de ebullición determinada por la temperatura momentánea medida del carburante.

Se hace así posible transportar el carburante de una manera fiable sin que exista el riesgo de que la capacidad de transporte resulte perjudicada por fenómenos de cavitación.

El equipo de aumento de presión comprende preferiblemente un acumulador de carburante para almacenar el carburante en estado gaseoso en un nivel de presión elevado con respecto a la presión del tanque. Preferiblemente, está previsto un equipo de válvula para controlar la alimentación del carburante gaseoso al depósito de reserva de carburante. El equipo de válvula puede ser controlado según un equipo de control, con lo que la presión que reina en el tanque sigue un concepto de regulación definido.

Para la alimentación de calor a una corriente parcial de carburante derivada de la tubería de carburante está previsto preferiblemente un equipo evaporador. Delante de este equipo evaporador puede estar dispuesto de manera ventajosa un equipo de válvula de retención para bloquear un flujo de retorno hacia la tubería de carburante.

El equipo de transporte está concebido preferiblemente como un equipo de transporte hidrostático. De este modo, con una toma de potencia relativamente pequeña del equipo de transporte se pueden generar altas presiones de transporte. Como equipos de transporte hidrostáticos son adecuados especialmente bombas de pistón, de engranajes y/o de membrana. Preferiblemente, los órganos de válvula previstos por el lado de aspiración son accionados por órganos de accionamiento, con lo que en estos órganos de válvula no reina una caída de presión considerable.

El equipo de transporte está dispuesto preferiblemente en el tanque de carburante y comprende un motor eléctrico que presenta un devanado de motor casi supraconductor.

Otros detalles ventajosos de la invención se desprenden de la descripción siguiente en unión del dibujo. Muestran:

La figura 1, una representación esquemática de una forma de realización preferida de un sistema según la invención para aumentar selectivamente la presión en un depósito de reserva de carburante; y

La figura 2, un diagrama para explicar la presión estática del carburante en una vena de flujo del depósito de reserva de carburante a la tubería de carburante a través del equipo de transporte.

El sistema representado esquemáticamente en la figura 1 comprende un criotankue térmicamente aislado 1 en el que está almacenado un hidrógeno licuado enfriado. En el sistema aquí mostrado el carburante está enfriado a una temperatura de 24K. En el interior del criotankue 1 reina una presión de 4,5 bares.

En el interior del criotankue 1 se encuentra un equipo de transporte 2 que comprende aquí una bomba hidrostática 3 y un equipo de accionamiento 4. La

bomba hidrostática 3 comprende una zona de entrada 5 del lado de aspiración para aspirar el carburante y una zona de salida 6 del lado de impulsión para entregar el carburante bajo una presión de entrega elevada en comparación con la presión del tanque.

El equipo de accionamiento 4 comprende aquí preferiblemente un motor eléctrico cuyos devanados están fabricados de un material casi supraconductor. El motor eléctrico está dispuesto en el interior del tanque de tal manera que éste es refrigerado por el propio carburante. La alimentación de tensión eléctrica se efectúa a través de conductores eléctricos introducidos de forma aislante en el tanque 1.

En la zona de salida 6 de la bomba 3 está conectada una tubería de carburante 7 a través de la cual se conduce el carburante transportado hasta un sistema de inyección de un motor de combustión interna.

La tubería de carburante 7 está provista de una derivación 8 a través de la cual se puede derivar una corriente parcial de carburante de la tubería de carburante 7. A consecuencia de la presión de transporte que reina en la tubería de carburante 7, esta corriente parcial de carburante llega a un evaporador 10 a través de un equipo de válvula de retención 9. En este evaporador 10 se calienta y con ello se evapora el carburante derivado. Debido al equipo de válvula de retención 9, la presión que se establece puede estar situada temporalmente por encima del nivel de presión en la tubería de carburante 7. Es posible construir el evaporador 10 como una caldera de presión, con lo que se puede almacenar en la caldera de presión una cantidad mayor de carburante gaseoso en un nivel de presión al menos en el rango de la presión del carburante de la tubería de carburante 7. Es posible incrementar adicionalmente la capacidad de almacenamiento, por ejemplo por medio de estructuras híbridas metálicas.

A través de una disposición de válvula de alimentación 17 es posible alimentar de forma controlada al criodépósito 1 el carburante gaseoso generado en el evaporador 10. Esta alimentación se efectúa preferiblemente según un equipo 14 de control de la presión del tanque. Este equipo de control de la presión del tanque procesa unas señales representativas preferiblemente al menos respecto de la presión del tanque y/o de la temperatura del carburante. Estas señales son generadas preferiblemente por varios sensores 15 previstos en forma redundante múltiple, preferiblemente teniendo en cuenta la altura de llenado.

En la figura 2 se representa cualitativamente la evolución de la presión estática en una vena de flujo que une entre sí los lugares a, b, c, d, e, f representados en la figura 1 y que se extiende desde el tanque 1 hacia dentro de la tubería de carburante 7 a través de la bomba 3.

En el lugar a reina una presión estática p_a que corresponde a la presión estática en el tanque 1 a la altura de la entrada 5 de la bomba. Debido a la altura de llenado, esta presión está por encima de una presión p_b de ebullición del carburante que viene determinada por la temperatura de dicho carburante. Directamente junto a la abertura de admisión de la entrada 5 de la bomba reina una presión estática p_b que, debido a la velocidad de flujo del carburante, es ligeramente más baja que la presión p_a . En el interior de la entrada 5 de la bomba la presión cae hasta una presión mínima p_c que reina aquí durante la fase de aspiración detrás de una válvula de retención. Durante una fase de transporte se aumenta la presión hasta una presión p_d en el

carburante aspirado anteriormente a través de la válvula de retención. Se abre entonces una válvula de retención del lado de salida de la bomba y el carburante llega bajo la presión estática p_e a la tubería de carburante 7. A lo largo de la tubería de carburante 7 se produce solamente una pequeña caída de la presión hasta una presión p_f . La presión p_f puede estar, según el diseño de la bomba 3, en un alto nivel de, por ejemplo, 15 bares. En el sitio de derivación 8 se puede derivar una corriente de carburante hacia el evaporador 10. La afluencia del carburante al evaporador 10 se extingue tan pronto como reine en el evaporador 10 una presión que corresponda a la presión de transporte en la tubería de carburante. En este estado, la válvula de retención 9 llega nuevamente a una posición de bloqueo. El carburante que ha llegado al evaporador y que se ha evaporado en éste puede ser alimentado en forma dosificada al tanque 1 a través del equipo de válvula de alimentación 12.

La alimentación se efectúa de conformidad con una estrategia de regulación ejecutada por parte del equipo de control 14. En este caso, se puede tener en cuenta el nivel de llenado del tanque 1 y la caída de

presión condicionada por la clase de construcción de la bomba 3 y que se presenta en su zona de aspiración. Si, por ejemplo, una evaluación de las señales de presión del tanque, las señales de temperatura del carburante y el nivel de llenado del tanque da como resultado que hay que esperar que se puedan originar en el carburante durante el funcionamiento de la bomba unas presiones estáticas por debajo de la presión de ebullición, se puede inducir entonces en el tanque 1 por medio del equipo de alimentación un aumento de la presión del orden de una presión diferencial Δp_E , en donde Δp_E corresponde al menos a la diferencia entre la presión de ebullición y la presión mínima en la vena de flujo (aquí p_e). Se eleva así la evolución de la presión a lo largo de la vena de flujo hasta un nivel como el que se ha insinuado mediante la línea de trazos p' dibujada en la figura 2.

Además del hidrógeno, la solución según la invención es adecuada también para otros carburantes de bajo punto de ebullición, especialmente compuestos hidrocarbonados. El dispositivo según la invención puede aplicarse también al transporte del carburante, por ejemplo hasta una pila de combustible.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para transportar un carburante criogénicamente almacenado en estado líquido, en el que se extrae el carburante criógeno de un depósito de reserva de carburante termoaislado y se impulsa dicho carburante por medio de un equipo de transporte hasta una tubería de carburante, aumentándose la presión en el depósito de reserva de carburante, al menos en el marco del funcionamiento del equipo de transporte, por medio de la alimentación de un gas al recipiente de reserva de carburante en una forma controlada/regulada por un sistema de control (14) de la presión del tanque, **caracterizado** porque en el equipo de control (14) de la presión del tanque se procesan adicionalmente también señales generadas por medio de un sensor para temperaturas del carburante, aumentándose la presión en el depósito de reserva de carburante por medio del equipo de control (14) de la presión del tanque en una cantidad de presión Δp_E que es mayor que la diferencia entre una caída de presión de afluencia Δp_{bc} originada por el lado de aspiración en/sobre el equipo de transporte y la magnitud de la diferencia entre la presión p_b reinante en el tanque en un sitio de entrada de una bomba y la presión de ebullición p_B correspondiente a la temperatura medida del carburante.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque se aumenta la presión en el depósito de reserva de carburante hasta un nivel de presión que es más alto que la suma de la presión de ebullición determinada por la temperatura momentánea del carburante y la magnitud de la caída de presión máxima en el lado de aspiración del equipo de transporte.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque el aumento de la presión en el depósito de reserva de carburante se efectúa alimentando carburante gaseoso a dicho depósito de reserva de carburante.

4. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque el carburante gaseoso alimentado al depósito de reserva de carburante es derivado de un acumulador de presión hacia dicho depósito de reserva de carburante.

5. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque el carburante gaseoso alimentado al depósito de reserva de carburante es derivado de un sitio de la tubería de carburante que está situado aguas abajo del equipo de transporte, y porque se calienta y con ello se evapora el carburante derivado.

6. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque el calor alimentado al carburante derivado se toma del medio ambiente.

7. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque el equipo de transporte es accionado por un motor que está dispuesto en el depósito de reserva de carburante y que es refrigerado por el carburante.

8. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque el equipo de transporte transporta el carburante hasta un nivel de presión que está en el rango de una presión de alimentación de la cámara de combustión.

9. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** porque, después de desconectar el equipo de transporte, se hace que

descienda la presión en el tanque hasta la presión de ebullición determinada por la temperatura del carburante.

10. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado** porque, después de desconectar el equipo de transporte, se enfría el carburante por evaporación controlada de dicho carburante.

11. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** porque se alimenta el carburante evaporado de manera controlada a un consumidor secundario, especialmente una pila de combustible, una calefacción de estacionamiento o una APU.

12. Dispositivo para transportar un carburante criogénicamente almacenado en estado líquido hasta un motor de combustión interna con un depósito de reserva de carburante termoaislado (1) para almacenar el carburante y un equipo de transporte (2) para transportar el carburante hasta una tubería de carburante (7), **caracterizado** por un equipo de medida (15) para la temperatura del carburante y un equipo de aumento de presión (10) que procesa temperaturas medidas del carburante para aumentar selectivamente la presión en el depósito de reserva de carburante (1) en una cantidad de presión que es mayor que la diferencia entre una caída de presión de afluencia producida en el lado de aspiración del equipo de transporte (2) y la magnitud de la diferencia entre la presión reinante en el tanque (1) en un sitio (5) de entrada de una bomba y la presión de ebullición determinada por la temperatura momentánea medida del carburante.

13. Dispositivo según la reivindicación 12, **caracterizado** porque el equipo de aumento de presión comprende un acumulador de carburante para almacenar el carburante en estado gaseoso en un nivel de presión elevado en comparación con la presión del tanque.

14. Dispositivo según la reivindicación 12 ó 13, **caracterizado** porque está previsto un equipo de válvula para controlar la alimentación del carburante gaseoso al depósito de reserva de carburante.

15. Dispositivo según al menos una de las reivindicaciones 12 a 14, **caracterizado** porque está previsto un equipo evaporador para alimentar calor a una corriente parcial de carburante derivada de la tubería de carburante.

16. Dispositivo según al menos una de las reivindicaciones 12 a 15, **caracterizado** porque está previsto delante del equipo evaporador un equipo de válvula de retención para bloquear un flujo de retorno a la tubería de carburante.

17. Dispositivo según al menos una de las reivindicaciones 12 a 16, **caracterizado** porque el equipo de transporte está configurado como una bomba de pistón.

18. Dispositivo según al menos una de las reivindicaciones 12 a 16, **caracterizado** porque el equipo de transporte está configurado como una bomba de engranajes.

19. Dispositivo según al menos una de las reivindicaciones 12 a 18, **caracterizado** porque el equipo de transporte está dispuesto en el tanque de carburante.

20. Dispositivo según al menos una de las reivindicaciones 12 a 19, **caracterizado** porque el equipo de transporte comprende un motor eléctrico que presenta un devanado de motor supraconductor.

