

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 587 523**

51 Int. Cl.:

**F01K 25/10** (2006.01)

**F02M 21/02** (2006.01)

**F02M 21/06** (2006.01)

**F01K 25/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.12.2012 PCT/GB2012/053220**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.06.2013 WO13093486**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2012 E 12820877 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.07.2016 EP 2805033**

54 Título: **Sistema de motor criogénico mejorado**

30 Prioridad:

**22.12.2011 GB 201122191**

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

**25.10.2016**

73 Titular/es:

**DEARMAN ENGINE COMPANY LTD (100.0%)  
1 Finsbury Circus  
London EC2M 7SH, GB**

72 Inventor/es:

**AYRES, MICHAEL;  
CLARKE, HENRY;  
DEARMAN, PETER y  
WEN, DONGSHENG**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 587 523 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Sistema de motor criogénico mejorado

## 5    Ámbito de la presente invención

La presente invención se refiere a un sistema de motor criogénico con el uso de un combustible líquido criogénico.

## 10    Antecedentes de la presente invención

Es conocido el empleo de combustible líquido criogénico en motores y la presurización previa del criógeno antes de inyectarlo al motor. La presente invención es un desarrollo del sistema de motor criogénico descrito en la patente US 6983598 B2. Un motor criogénico es accionado por la expansión de un combustible criogénico.

15    En los sistemas existentes – como el descrito en la patente US 6983598 B2 – han surgido problemas al suministrar criógeno de baja calidad (fase no del todo líquida) al motor, debido a la evaporación causada por la transferencia de calor de las inmediaciones a las líneas de alimentación. En el caso de presiones de alimentación subcríticas esto se manifiesta como un aumento importante del volumen específico del fluido.

20    Otros problemas detectados en los sistemas existentes incluyen:

- una disminución de la presión en el tanque al extraer criógeno líquido; el descenso de presión en el tanque reduce la presión de alimentación a la entrada del sistema criogénico de bombeo o inyección y puede disminuir los caudales. Este problema debe abordarse para permitir el funcionamiento continuo del motor, si no, la presión en el tanque puede disminuir hasta un punto en que la cavitación a la entrada de la bomba impida el aporte al motor de un caudal líquido suficiente para la potencia útil deseada. También es posible que la cavitación dañe el equipo de bombeo;
- la disminución de la presión bajo la cual está almacenado un líquido criogénico también puede provocar la ebullición indeseada del líquido. Aumentando los caudales se reduce la ebullición indeseada del nitrógeno líquido entre el tanque y la bomba y entre la bomba y el motor;
- pulsaciones de flujo en la línea de alimentación causadas por la operación cíclica de la bomba criogénica y de las válvulas de inyección. Las pulsaciones provocadas por las entradas de las válvulas pueden interactuar con las causadas por la bomba, se pueden ampliar por cavitación y por último pueden afectar al caudal de alimentación al motor, haciendo que éste funcione de manera fluctuante;
- dificultad para introducir criógeno y fluido de intercambio térmico (FIT) durante el breve periodo de tiempo determinado por la velocidad de operación del motor, lo cual puede afectar a la eficiencia de su funcionamiento, y
- el limitado periodo de tiempo en el cual puede tener lugar el intercambio de calor entre el criógeno y el FIT, que asimismo puede afectar a la eficiencia del funcionamiento del motor.

40    La patente US 2009/0320786 A1 se refiere a un sistema dual de combustible de un motor de combustión con una cámara para mezclar gas licuado de petróleo con diesel.

45    La patente US 2008/0271455 A1 se refiere a un subsistema de intercambio térmico destinado a un sistema de motor criogénico de flujo continuo, pensado para evitar el problema de formación de hielo a partir de la humedad del aire ambiental que ocurre en los motores criogénicos corrientes y puede disminuir la eficiencia del funcionamiento de los intercambiadores de calor. El calor se genera quemando combustible hidrocarbonado (p.ej. propano). Al mezclar el aire caliente y los productos de combustión con combustible líquido criogénico dentro de una cámara, el subsistema suministra un flujo continuo de gas a presión elevada y a temperatura casi ambiental, que se puede utilizar en un dispositivo de expansión acoplado para la extracción de energía. Sin embargo el oxígeno gaseoso necesario para la combustión es proporcionado por la evaporación del criógeno en la cámara de combustión y no se tiene en cuenta el punto de inflamación del combustible, que determina su ignición. Además, la disminución de la temperatura y la consecuente contracción de los gases del combustible debida a la evaporación y calentamiento del criógeno mitigan la expansión de éste y por tanto la creación de presión.

55    Por consiguiente se necesita un sistema de motor criogénico mejorado que supere estos problemas.

Resumen de la presente invención

El sistema de motor criogénico de la presente invención está diseñado para superar los problemas arriba citados.

60    En vista de lo anterior y de acuerdo con un primer aspecto de la solución del problema se ofrece un sistema de motor criogénico que comprende:

un tanque para almacenar criógeno líquido,  
un motor criogénico,  
65    una bomba configurada para presurizar el criógeno del tanque,

un primer conducto para transportar criógeno entre la bomba y el motor criogénico,  
un segundo conducto para transportar criógeno desde la bomba volviendo hacia el tanque,  
y  
una primera válvula situada en el segundo conducto para controlar el flujo de retorno de criógeno desde la bomba  
hacia el tanque.

La presente solución al problema también proporciona un método para suministrar criógeno a un motor criogénico,  
que consiste en:

disponer de un tanque para almacenar criógeno líquido,  
disponer de un motor criogénico,  
disponer de una bomba para presurizar el criógeno del tanque,  
transportar criógeno desde la bomba al motor criogénico por un primer conducto,  
transportar criógeno desde la bomba volviendo hacia el tanque un segundo conducto, y  
disponer de una primera válvula situada en el segundo conducto para controlar el flujo de retorno de criógeno desde  
la bomba hacia el tanque.

Por lo tanto el criógeno no transportado al motor criogénico se puede retornar hacia el tanque a través del segundo  
conducto, en un estado gaseoso o multifásico. El retorno de criógeno hacia el tanque permite mantener la presión en  
él. El retorno de criógeno al tanque en un estado multifásico permite mantener el caudal hacia el motor criogénico,  
pasando a través de unos premezcladores para mezclar el criógeno con un fluido de intercambio térmico y asegurar  
así el suministro rápido, de modo que llegue un criógeno de baja calidad termodinámica (fracción mínima de vapor)  
al motor o a los premezcladores.

El segundo conducto puede incluir un primer canal y un segundo canal dispuestos en paralelo a lo largo de, como  
mínimo, una porción de la longitud del segundo conducto y la primera válvula está situada en el primer canal o en el  
segundo canal. En el contexto de la presente invención el término "paralelo" no tiene su significado geométrico  
estricto. El término "paralelo" se emplea más bien para indicar que el segundo conducto se divide en el primer y el  
segundo canales a lo largo de, como mínimo, un tramo de su longitud, es decir, análogamente al término "paralelo"  
en electrónica.

El sistema también puede incluir una segunda válvula situada en el primer o en el segundo canal, de modo que la  
primera y la segunda válvulas son independientemente controlables.

Si la primera válvula está situada en el primer canal y la segunda válvula está situada en el segundo canal, cuando  
la segunda válvula está cerrada, el criógeno gaseoso atrapado en el segundo canal actúa como amortiguador de  
flujo reduciendo las pulsaciones en el caudal del criógeno causadas por la operación cíclica de la bomba y de las  
válvulas.

El primer canal se puede aislar para disminuir la transferencia de calor desde la atmósfera.

El segundo canal puede estar sin aislar para fomentar la transferencia de calor desde la atmósfera. El segundo canal  
puede ser más largo que el primer canal. El segundo canal puede tener forma de serpentin. Por lo tanto el segundo  
canal puede constituir un bucle de calentamiento.

El primer conducto se puede aislar para disminuir la transferencia de calor desde la atmósfera.

La primera y la segunda válvulas se pueden controlar independiente o conjuntamente en una escala continua con el  
uso de un control de entrada.

El control de entrada puede constar por lo menos un actuador de solenoide, un actuador neumático, un actuador  
hidráulico, un actuador mecánico y un actuador eléctrico.

El control de entrada puede utilizar un algoritmo de control.

Además el sistema puede incluir un regulador para ajustar la presión del gas/líquido que retorna hacia el tanque y  
para evitar la reintroducción de gas/líquido en el tanque a una velocidad muy alta.

El método también puede incluir la disposición de un regulador.

El regulador puede estar situado en el segundo conducto, entre a) la primera y la segunda válvulas y b) el tanque.

Además el sistema puede incluir como mínimo una cámara de premezclado situada en el primer conducto, entre la  
bomba y el motor criogénico. La cámara de premezclado puede servir para mezclar el criógeno con un fluido de  
intercambio térmico.

El método también puede incluir la disposición de, como mínimo, una cámara de premezclado situada en el primer conducto, entre la bomba y el motor criogénico. La cámara de premezclado puede servir para mezclar el criógeno con un fluido de intercambio térmico.

5 Según un aspecto de la presente invención se ofrece un sistema de motor criogénico que comprende:

una fuente de fluido de trabajo que lleva un criógeno líquido,  
una fuente de fluido de intercambio térmico (FIT),  
al menos una cámara de premezclado dotada de:

10 una primera entrada configurada para inyectar el fluido de trabajo en la, por lo menos una, cámara de premezclado;  
una segunda entrada configurada para inyectar el FIT en la, por lo menos una, cámara de premezclado;  
una primera salida configurada para inyectar en una cámara de expansión el fluido de trabajo procedente de la, por lo menos una, cámara de premezclado;  
15 una segunda salida configurada para permitir la extracción de al menos una porción del FIT de la cámara de premezclado, una vez extraído calor del mismo; y  
la, por lo menos una, cámara de premezclado, la primera entrada y la segunda entrada están dispuestas de manera que el fluido de trabajo y el FIT fluyan en direcciones opuestas dentro de la, por lo menos una, cámara de premezclado.

20 Este aspecto de la presente invención también ofrece un método para mezclar criógeno con un fluido de intercambio térmico (FIT), que consiste en:

proporcionar una fuente de fluido de trabajo que lleve un criógeno líquido;  
25 proporcionar una fuente de FIT;  
proporcionar al menos una cámara de premezclado que tenga una primera y una segunda salida;  
inyectar el fluido de trabajo en la, por lo menos una, cámara de premezclado a través de una primera entrada;  
inyectar el FIT en la, por lo menos una, cámara de premezclado a través de una segunda entrada,  
30 donde la, por lo menos una, cámara de premezclado, la primera entrada y la segunda entrada están dispuestas de modo que el fluido de trabajo y el FIT fluyan en direcciones opuestas dentro de la, por lo menos una, cámara de premezclado, e inyectar en una cámara de expansión el fluido de trabajo procedente de la, por lo menos una, cámara de premezclado a través de la primera salida.

35 En algunos casos este aspecto de la presente invención se puede usar para maximizar la velocidad relativa del criógeno y del FIT al inyectarlos en la cámara de premezclado, favoreciendo la ruptura provocada por la inestabilidad de Kelvin-Helmholtz y aumentando el mezclado del criógeno y el FIT.

Por lo menos, una salida está configurada para inyectar en la cámara de expansión el fluido de trabajo y el FIT procedentes de la, por lo menos una, cámara de premezclado.

40 La, por lo menos una, cámara de premezclado tiene una primera salida configurada para inyectar en la cámara de expansión el fluido de trabajo procedente de la, por lo menos una, cámara de premezclado y una segunda salida configurada para expulsar el FIT de la, por lo menos una, cámara de premezclado.

45 La, por lo menos una, cámara de premezclado puede ser básicamente cilíndrica. La, por lo menos una, cámara de premezclado, la primera entrada y la segunda entrada pueden estar dispuestas de manera que el fluido de trabajo o el FIT fluya en el sentido de las agujas del reloj dentro de la, por lo menos una, cámara de premezclado y el otro en sentido contrario a las agujas del reloj dentro de la, por lo menos una, cámara de premezclado.

50 El sistema también puede comprender varias cámaras de premezclado con su propia primera entrada, segunda entrada y al menos una salida, respectivamente.

El método también puede incluir la disposición de varias cámaras de premezclado con su propia primera entrada, segunda entrada y al menos una salida, respectivamente.

55 Al menos una cámara de premezclado puede ir montada sobre la cámara de expansión y al menos una salida puede incluir una válvula rotativa.

60 De acuerdo con una solución del problema se ofrece un sistema de premezclado para un motor criogénico, que consta de:

una fuente de fluido de trabajo que lleva un criógeno líquido,  
una fuente de fluido de intercambio térmico (FIT), y  
al menos una cámara de premezclado dotada de:

65 una serie de primeras entradas configuradas para actuar en paralelo inyectando fluido de trabajo en la, por lo menos

una, cámara de premezclado;  
 una segunda entrada configurada para inyectar FIT en la, por lo menos una, cámara de premezclado; y  
 al menos una salida configurada para inyectar en una cámara de expansión el fluido de trabajo procedente de la, por  
 lo menos una, cámara de premezclado;  
 5 de modo que cada primera entrada incluye una primera válvula.

La solución también proporciona un método para mezclar criógeno con un fluido de intercambio térmico (FIT), que  
 consiste en:

10 facilitar una fuente de fluido de trabajo que lleve un criógeno líquido;  
 facilitar una fuente de FIT;  
 facilitar al menos una cámara de premezclado;  
 inyectar fluido de trabajo en la, por lo menos una, cámara de premezclado a través de una serie de primeras  
 entradas que actúan en paralelo; de modo que cada primera entrada incluye una primera válvula;  
 15 inyectar FIT en la, por lo menos una, cámara de premezclado a través de una segunda entrada, e  
 inyectar en una cámara de expansión el fluido de trabajo procedente de la, por lo menos una, cámara de  
 premezclado a través de al menos una salida.

20 Los procesos de transferencia directa de calor permiten alcanzar velocidades de presurización muy elevadas. Por lo  
 tanto, en aquellos casos que requieren una gran transferencia de masa de criógeno puede ocurrir que el proceso de  
 ebullición incremente la presión en la cámara de premezclado por encima de la presión existente en el primer  
 conducto, antes de que haya terminado la inyección de criógeno en las cámaras de premezclado. Este problema se  
 resuelve disponiendo de varias válvulas capaces de funcionar en paralelo restringiendo el caudal con los diámetros  
 de válvula disponibles.

25 En algunos casos los grupos de válvulas múltiples se abren simultáneamente para admitir el flujo de criógeno hacia  
 las cámaras de premezclado al caudal requerido.

30 No obstante, las válvulas paralelas de cada grupo también se pueden operar individualmente para admitir una menor  
 carga de criógeno hacia la cámara de premezclado en aquellos casos en que se necesita menor potencia de salida.  
 Las válvulas se pueden abrir de manera que funcionen como un regulador que permita retornar al tanque el flujo  
 sobrante durante el periodo transitorio en que se reduce la velocidad de la bomba.

35 La, por lo menos una, salida se puede configurar para inyectar en la cámara de expansión el fluido de trabajo y el  
 FIT procedentes de la, por lo menos una, cámara de premezclado.

La, por lo menos una, cámara de premezclado puede tener una primera salida configurada para inyectar en la  
 cámara de expansión el fluido de trabajo procedente de la, por lo menos una, cámara de premezclado y una  
 segunda salida configurada para expulsar el FIT de la, por lo menos una, cámara de premezclado.

40 La serie de primeras válvulas se puede controlar con independencia entre ellas.

45 La, por lo menos una, cámara de premezclado puede ser básicamente cilíndrica. La, por lo menos una, cámara de  
 premezclado, la serie de primeras entradas y la segunda entrada se pueden disponer de manera que el fluido de  
 trabajo o el FIT fluya en el sentido de las agujas del reloj dentro de la, por lo menos una, cámara de premezclado y  
 el otro en sentido contrario a las agujas del reloj dentro de la, por lo menos una, cámara de premezclado.

50 El sistema puede comprender además varias cámaras de premezclado con su propia serie de primeras entradas, su  
 segunda entrada y al menos una salida, respectivamente. Las primeras válvulas correspondientes de cada serie de  
 primeras válvulas de las varias cámaras de premezclado se pueden configurar para funcionar en paralelo entre sí.  
 Como alternativa, las primeras válvulas correspondientes de cada serie de primeras válvulas de las varias cámaras  
 de premezclado se pueden configurar para funcionar independientemente entre sí.

55 Al menos una cámara de premezclado puede ir montada sobre la cámara de expansión y al menos una salida puede  
 incluir una válvula rotativa.

Según otra solución del problema se ofrece un sistema de premezclado para un motor criogénico, que comprende:  
 una fuente de fluido de trabajo que lleva un criógeno líquido,  
 una fuente de fluido de intercambio térmico (FIT), y  
 60 varias cámaras de premezclado dispuestas en paralelo con conexión de flujo a una cámara de expansión y dotadas  
 respectivamente de:

una primera entrada configurada para la inyección de fluido de trabajo en su correspondiente cámara de  
 premezclado;  
 65 una segunda entrada configurada para la inyección de FIT en su correspondiente cámara de premezclado; y

al menos una salida configurada para inyectar en una cámara de expansión el fluido de trabajo procedente de su respectiva cámara de premezclado.

5 La solución del problema también ofrece un método para mezclar criógeno con un fluido de intercambio térmico (FIT), que consiste en:

proporcionar una fuente de fluido de trabajo que lleve un criógeno líquido,  
proporcionar una fuente de FIT,  
10 proporcionar varias cámaras de premezclado dispuestas en paralelo con conexión de flujo a una cámara de expansión y dotadas respectivamente de:

una primera entrada configurada para la inyección de fluido de trabajo en su correspondiente cámara de premezclado;

15 una segunda entrada configurada para la inyección de FIT en su correspondiente cámara de premezclado; y  
al menos una salida configurada para inyectar en una cámara de expansión el fluido de trabajo procedente de su respectiva cámara de premezclado.

20 En conexión con una única cámara de expansión del motor criogénico se puede emplear más de una cámara de premezclado. Como resultado, el periodo de operación de cada cámara de premezclado puede ser un múltiplo del periodo de la cámara de expansión - la cual podría ser un cilindro de motor - (condicionado por el número de rpm del motor) que permita un mayor tiempo para la introducción de los fluidos y la transferencia de calor.

25 La, por lo menos una, salida se puede configurar para inyectar en la cámara de expansión el fluido de trabajo y el FIT procedentes de la, por lo menos una, cámara de premezclado.

La, por lo menos una, cámara de premezclado puede tener una primera salida configurada para inyectar en la cámara de expansión el fluido de trabajo procedente de la, por lo menos una, cámara de premezclado y una segunda salida configurada para expulsar el FIT de la, por lo menos una, cámara de premezclado.

30 Cada cámara de premezclado puede ser básicamente cilíndrica. Cada cámara de premezclado, primera entrada y segunda entrada pueden estar dispuestas de manera que el fluido de trabajo o el FIT fluya en el sentido de las agujas del reloj dentro de la cámara de premezclado y el otro en sentido contrario a las agujas del reloj dentro de la cámara de premezclado.

35 Cada cámara de premezclado puede tener una serie de primeras entradas.

Al menos una cámara de premezclado puede ir montada sobre la cámara de expansión y al menos una salida puede incluir una válvula rotativa.

40 Cada una de las soluciones al problema antes mencionadas puede funcionar independientemente de la otra o en combinación con una o más de las demás soluciones.

Descripción breve de las figuras

45 La presente invención se describe seguidamente a modo de ejemplo, haciendo referencia a las figuras adjuntas, donde:

la figura 1 muestra una vista esquemática de un sistema de motor criogénico según una forma de ejecución de la presente invención;

50 la figura 2 muestra una vista de un corte por un plano horizontal de una cámara de premezclado del sistema de motor criogénico según la forma de ejecución representada en la figura 1; y

la figura 3 muestra una vista de un corte por un plano vertical de una cámara de premezclado del sistema de motor criogénico según la forma de ejecución representada en la figura 1.

55 Descripción detallada de las figuras

La figura 1 muestra un sistema 1 de motor criogénico según una forma de ejecución de la presente invención.

60 El criógeno líquido se almacena a alta presión en un depósito adecuado, tal como el tanque 10. Una presión típica de almacenamiento es de 3 bar aproximadamente. El criógeno es suministrado desde el tanque 10 a una bomba criogénica 12, donde se presuriza, y luego entra en un primer conducto 14. El criógeno es presurizado normalmente por la bomba 12 hasta una presión de 150 bar y luego entra en el primer conducto 14 a un ritmo de 25 gramos/s.

65 Antes de entrar en un motor criogénico 16 todo el criógeno o parte de él fluye desde la bomba 12 hacia al menos una cámara de premezclado 18, 20 a través del primer conducto 14, el cual comprende una tubería bien aislada. En la forma de ejecución representada como ejemplo en la figura 1 el sistema comprende dos cámaras de premezclado

18, 20. No obstante se puede usar igualmente cualquier número de cámaras de premezclado 18, 20. En la forma de ejecución representada en la figura 1 aproximadamente 10 gramos/s del criógeno procedente del primer conducto 14 son desviados a cada una de las cámaras de premezclado 18, 20 a través de las válvulas 22 y 24 de manera temporizada.

5 La masa de criógeno introducido en cada cámara de premezclado 18, 20 se puede variar mediante la duración de la apertura de las válvulas de control 22 y 24, o variando la presión en el primer conducto 14 mediante el control de la bomba criogénica 12 o combinando ambas posibilidades. Por consiguiente puede ser conveniente accionar la bomba 12 directamente desde un eje de transmisión (no representado) en el motor 16 o utilizando un motor eléctrico o hidráulico para tener un mayor control.

10 Una parte del criógeno procedente de la bomba 12 se puede reciclar hacia el tanque 10 a través de un segundo conducto 26 que se ramifica del primer conducto 14, tal como muestra la figura 1. El segundo conducto comprende un primer canal 28 y un segundo canal 32 a lo largo de, al menos, una porción de su longitud. El primer 28 y el segundo 32 canales actúan en paralelo. De la porción de criógeno reciclada hacia el tanque 10 (normalmente 5 gramos/s), alguna cantidad puede ser dirigida directamente al tanque 10 a través del primer canal 28 mediante la apertura de una válvula de retención y control 30. Esto requiere que esté cerrada otra válvula de retención y control 34 en el segundo canal 32. Las válvulas 30 y 34 se pueden abrir y cerrar independientemente entre sí en una escala continua. Normalmente, con la válvula 30 parcialmente abierta y la válvula 34 cerrada el criógeno que fluye a través del primer canal 28 está a una presión de 150 bar y por lo tanto se descarga de vuelta al tanque 10 a 3 bar en un estado multifásico. De este modo se mantiene el caudal hacia las cámaras de premezclado 18, 20 y al mismo tiempo se asegura un suministro rápido, logrando una baja calidad termodinámica (mínima fracción de vapor).

20 Como alternativa, o conjuntamente con este retorno directo a través del primer canal 28 y la válvula 30, el criógeno se puede dirigir a través del segundo canal 32, el cual comprende normalmente un bucle de calentamiento formado por un tramo de tubería no aislado, mediante la apertura de la válvula de retención y control 34. Esta porción del flujo retorna al tanque 10 en fase totalmente gaseosa y por tanto se puede usar para mantener la presión en el tanque 10 al extraer criógeno líquido del tanque 10.

25 Es conveniente mantener la presión en el tanque 10 porque algunas bombas criogénicas requieren unas mínimas presiones de alimentación para funcionar y un cambio importante de presión en el tanque 10 puede alterar el punto de ebullición del criógeno líquido almacenado en él.

30 Por ejemplo, en el ejemplo de forma de ejecución representado en la figura 1, si la presión en el tanque 10 cae por debajo de 3 bar, la válvula 34 se abre parcialmente y la válvula 30 se cierra parcial o totalmente de manera que la suma de caudales en el primer canal 28 y en el segundo canal 32 se mantenga a 5 gramos/s. El flujo en el segundo canal 32 es mayormente de fase gaseosa debido a la transferencia de calor desde la atmósfera al segundo canal 32 y como resultado hay una mayor proporción de criógeno gaseoso que retorna al tanque 10. El efecto de ello es que el tanque 10 se represuriza a 3 bar más rápidamente y la válvula 34 puede volver a la posición cerrada.

35 En el ejemplo de forma de ejecución representado en la figura 1 las válvulas 30 y 34 son de tal tipo que pueden ser abiertas por un control de entrada (como por ejemplo un actuador de solenoide, un actuador neumático, un actuador hidráulico, un actuador mecánico o un actuador eléctrico), pero cerrarán automáticamente como válvula de retención cuando la presión aguas abajo exceda la presión aguas arriba. Opcionalmente puede haber un regulador situado aguas abajo para asegurar que el criógeno retornado esté a presión reducida y el tanque 10 no quede presurizado en exceso. Asimismo, como alternativa, la operación de una válvula parcialmente abierta en diversas circunstancias puede realizar la función de un regulador.

40 La operación de las válvulas 30 y 34 es determinada normalmente por un algoritmo de control. La válvula 34 se abre proporcionalmente a la diferencia entre la presión medida en el tanque 10 y una presión operativa del tanque 10 predeterminada. La válvula 30 se abre proporcionalmente a la diferencia entre el caudal de criógeno medido en el bucle y un caudal óptimo predeterminado. El resultado neto es que la válvula 34 se abre total o parcialmente si la presión del tanque 10 cae demasiado y la válvula 30 se abre total o parcialmente si el caudal alrededor del bucle de alimentación que comprende el primer 14 y segundo 26 conductos cae por debajo del punto considerado necesario para mantener la calidad del flujo.

45 Como ventaja adicional, cuando la válvula 34 está cerrada, el criógeno gaseoso atrapado ahí dentro actúa como amortiguador del flujo disminuyendo las pulsaciones del mismo causadas por la operación cíclica de la bomba 12 y las válvulas 30 y 34.

50 Además, en unas condiciones de operación transitorias, la presión del bucle de alimentación de criógeno se puede incrementar cerrando parcial o totalmente las válvulas 30 y 34. La consecuencia de ello es el aumento del caudal efectivo hacia las cámaras de premezclado 18, 20 durante breves periodos de rápido incremento de la carga del motor 16.

60

A continuación se describe en detalle el funcionamiento de al menos una de las cámaras de premezclado 18, 20 según una forma de ejecución de la presente invención, haciendo especial referencia a la figura 2 y a la figura 3. La figura 2 muestra una vista de un corte por un plano horizontal de una cámara de premezclado 18 de un sistema de motor criogénico 1 según una forma de ejecución de la presente invención. La figura 3 muestra una vista de un corte por un plano vertical de una cámara de premezclado 18 de un sistema de motor criogénico 1 según una forma de ejecución de la presente invención.

Una cantidad de fluido de intercambio térmico (FIT) fluye a la cámara de premezclado 18 por una entrada indicada como válvula 40 en las figuras 2 y 3. Cada cámara de premezclado adicional 20 tiene al menos una entrada (p.ej. la válvula 42 en la figura 1) para inyectar FIT en la cámara de premezclado 20. Antes de la admisión de criógeno en la cámara de premezclado 18, 20 el FIT se halla a baja presión (aproximadamente a 1bar) y a la temperatura máxima del ciclo (p.ej. a temperatura ambiente, cerca de ella o por encima de ella).

El criógeno se inyecta en la cámara de premezclado 18 representada en las figuras 2 y 3 a través de una entrada indicada como válvula 22, en general a la presión del primer conducto 14 (es decir 150 bar) y en fase casi totalmente líquida. Igualmente, cada cámara de premezclado adicional 20 tiene al menos una entrada para inyectar criógeno en la cámara de premezclado 20 (p.ej. la válvula 24 en la figura 1).

En la cámara 18, 20 el criógeno se mezcla directamente con el FIT de baja compresibilidad. La energía transferida por el FIT cálido calienta el criógeno produciendo un rápido aumento de la presión en la cámara 18, 20.

Las cámaras de premezclado 18, 20 están proyectadas para maximizar el mezclado entre el criógeno y el FIT, asegurando que ambos se encuentren al circular en direcciones sustancialmente opuestas dentro de una cámara de premezclado 18, 20. Para ello, en el ejemplo de forma de ejecución representado en las figuras 2 y 3, el volumen interno de cada cámara de premezclado 18 es generalmente cilíndrico y el FIT se introduce maximizando el remolino en una dirección (contraria al sentido de las agujas del reloj, vista en el corte por el plano horizontal), con el criógeno inyectado en la dirección contraria (en el sentido de las agujas del reloj). Como alternativa el FIT puede circular en el sentido de las agujas del reloj, mientras que el criógeno puede hacerlo en el sentido contrario. Se comprende que también se podría usar cualquier otra técnica para maximizar el mezclado entre el criógeno y el FIT.

Esto maximiza la velocidad relativa del criógeno y del FIT al inyectarlos, favoreciendo la ruptura provocada por la inestabilidad de Kelvin-Helmholtz.

El volumen típico de una cámara de premezclado 18, 20 es unos 20 ml, de los cuales aproximadamente 18 ml se llenarían de FIT. La inyección de aproximadamente 1 a 2 g de líquido criogénico puede dar lugar a presiones de hasta 500 bar y superiores en la cámara de premezclado 18, 20.

Por tanto al motor criogénico 16 se le suministra una carga de criógeno y FIT a presión elevada y temperatura casi ambiental en el momento apropiado del ciclo, a través de una salida representada en las figuras como válvula 36. Cada cámara adicional de premezclado 20 tiene igualmente una salida para tal fin (p.ej. la válvula 38 en la figura 1).

En un ejemplo de forma de ejecución no representada en las figuras, la(s) cámara(s) de premezclado están situadas lo más cerca posible del motor. El motivo de esta configuración es que las caídas de presión y/o las pérdidas por fricción son probables si la mezcla de gas a alta presión y FIT fluye a través de un canal hacia el motor. Además estos canales supondrían un "volumen muerto" en el cual el gas se puede expandir gastando trabajo.

También puede ser conveniente montar al menos una cámara de premezclado directamente sobre la culata del motor. Para la admisión directa de la mezcla de gas a alta presión/FIT al motor se puede usar una válvula rotativa (p.ej. un disco giratorio con un orificio practicado en él).

Después del proceso de ebullición y la inyección de gas se deja salir FIT de la cámara de premezclado 18 a través de otra salida representada en las figuras 2 y 3 como válvula 44. Cada cámara adicional de premezclado 20 tiene igualmente una salida para tal fin (p.ej. la válvula 46 en la figura 1). Cuando el FIT expulsado ha cedido calor para el proceso de ebullición se encuentra a una temperatura de unos cuantos grados menos que antes de inyectarlo en la cámara de premezclado 18, 20.

Aunque en las figuras 1 hasta 3 solo se representa una única válvula 22, 24 para la inyección en cada cámara de premezclado 18, 20 del criógeno procedente del bucle de alimentación, se puede usar una serie de controles de entrada o válvulas funcionando en paralelo para cada cámara de premezclado 18, 20.

Los procesos de transferencia directa de calor permiten alcanzar valores de presurización muy altas. Por lo tanto es posible que el proceso de ebullición eleve la presión en la cámara de premezclado 18, 20 por encima de la presión (150 bar) en el primer conducto 14 antes de que haya terminado la inyección, en aquellos casos que requieren una gran transferencia de masa. Este problema se resuelve disponiendo de varias válvulas de entrada 22, 24 capaces de funcionar en paralelo restringiendo el caudal con los diámetros de válvula disponibles.

En algunos casos los grupos de válvulas múltiples se abren simultáneamente para admitir el flujo de criógeno hacia las cámaras de premezclado 18, 20 al caudal requerido.

5 No obstante, las válvulas paralelas de cada grupo también se pueden operar individualmente para admitir una menor carga de criógeno a la cámara de premezclado 18, 20 (p.ej. un caudal de ~5 g/s a cada cámara de premezclado), en aquellos casos en que se necesita menor potencia de salida. Entonces la válvula 30 se abre funcionando como un regulador que permite el retorno al tanque 10 del flujo sobrante durante el periodo transitorio en que se reduce la velocidad de la bomba 12.

10 En otra forma de ejecución, como se muestra en la figura 1, puede emplearse más de una cámara de premezclado 18, 20 conectada a un solo cilindro de un motor criogénico. Como resultado, el periodo de operación de cada cámara de premezclado 18, 20 puede ser un múltiplo del periodo del cilindro del motor criogénico 16 (condicionado por el número de rpm del motor) que permita un mayor tiempo para la introducción de los fluidos y la transferencia de calor.

15 La presente invención se ha descrito anteriormente mediante un ejemplo haciendo referencia a las figuras adjuntas, que representan una única forma de ejecución de la misma. Se entenderá que existen muchas formas de ejecución diferentes de la presente invención y que todas ellas caen dentro del ámbito de la misma, tal como está definida por las reivindicaciones siguientes.

20

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema de motor criogénico (1) que comprende:
  - 5 una fuente (10) de fluido de trabajo que lleva un criógeno líquido, una fuente de fluido de intercambio térmico (FIT), al menos una cámara de premezclado (18,20) dotada de:
    - una primera entrada (22) configurada para inyectar el fluido de trabajo en la, por lo menos una, cámara de premezclado;
    - 10 una segunda entrada (40) configurada para inyectar el FIT en la, por lo menos una, cámara de premezclado;
    - una primera salida (36) configurada para inyectar en una cámara de expansión el fluido de trabajo procedente de la, por lo menos una, cámara de premezclado;
    - una segunda salida (44) configurada para permitir la extracción de al menos una porción del FIT de la cámara de premezclado, una vez extraído calor del mismo; y
    - 15 donde la, por lo menos una, cámara de premezclado, la primera entrada y la segunda entrada están dispuestas de manera que el fluido de trabajo y el FIT fluyen en direcciones opuestas dentro de la, por lo menos una, cámara de premezclado.
  2. El sistema de la reivindicación 1, en el cual la primera entrada está configurada para inyectar en la cámara de expansión el fluido de trabajo y al menos una porción del FIT procedentes de la, por lo menos una, cámara de premezclado.
  3. El sistema de la reivindicación 1 o 2, en el cual la, por lo menos una, cámara de premezclado es básicamente cilíndrica.
  - 25 4. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 hasta 3, en el cual la, por lo menos una, cámara de premezclado, la primera entrada y la segunda entrada están dispuestas de manera que el fluido de trabajo o el FIT fluye en el sentido de las agujas del reloj dentro de la, por lo menos una, cámara de premezclado y el otro en sentido contrario a las agujas del reloj dentro de la, por lo menos una, cámara de premezclado.
  - 30 5. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 hasta 4, que además comprende varias cámaras de premezclado con su respectiva primera entrada, la segunda entrada, primera salida y segunda salida.
  6. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 hasta 5, en el cual al menos una cámara de premezclado va montada sobre la cámara de expansión y al menos una salida incluye una válvula rotativa.
  - 35 7. Método para mezclar criógeno con un fluido de intercambio térmico (FIT), que consiste en: proporcionar una fuente de fluido de trabajo que lleve un criógeno líquido; proporcionar una fuente de FIT;
    - 40 proporcionar al menos una cámara de premezclado (18, 20) que tenga una primera y una segunda entrada (22, 40) y una primera y una segunda salida (36, 44);
    - inyectar el fluido de trabajo en la, por lo menos una, cámara de premezclado a través de una primera entrada;
    - inyectar el FIT en la, por lo menos una, cámara de premezclado a través de una segunda entrada, donde la, por lo menos una, cámara de premezclado, la primera entrada y la segunda entrada están dispuestas de manera que el
    - 45 fluido de trabajo y el FIT fluyan en direcciones opuestas dentro de la, por lo menos una, cámara de premezclado;
    - inyectar en la cámara de expansión el fluido de trabajo procedente de la, por lo menos una, cámara de premezclado a través de la primera salida, y
    - expulsar al menos una porción del FIT de cámara de premezclado una vez extraído calor del mismo.
  - 50 8. El método de la reivindicación 7, incluyendo una etapa para hacer que el fluido de trabajo y el FIT se muevan en direcciones opuestas - en el sentido de las agujas del reloj o en el sentido contrario - dentro de la cámara de premezclado.
  9. Método operativo del sistema de premezclado de la reivindicación 1, que comprende las etapas de:
    - 55 a) abrir dicha primera entrada e introducir una cantidad de fluido de intercambio térmico en dicha cámara;
    - b) abrir dicha segunda entrada e introducir una cantidad de criógeno líquido en dicha cámara;
    - c) hacer que dicho fluido de intercambio térmico y dicho criógeno líquido se mezclen y permitir que dicho fluido de intercambio térmico transfiera calor a dicho criogénico;
    - 60 d) abrir dicha primera salida, haciendo que pase fluido criogénico a una cámara de expansión; y
    - e) abrir dicha segunda salida, haciendo que cualquier resto de fluido de intercambio térmico escape de dicha cámara de premezclado.
  10. Método según la reivindicación 9, incluyendo la etapa de aportar el fluido de intercambio térmico en forma de un fluido de baja compresibilidad.
  - 65

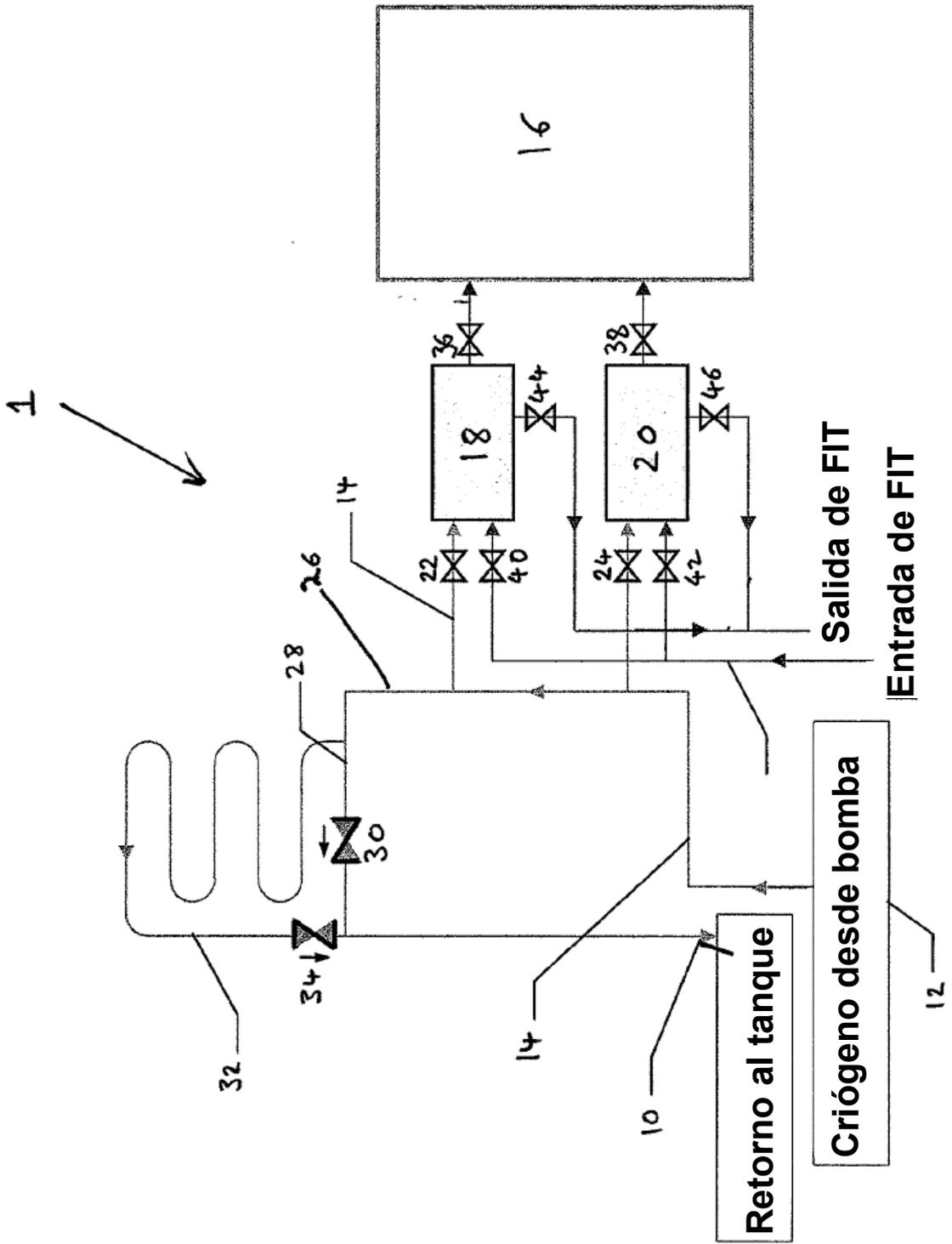


Figura 1

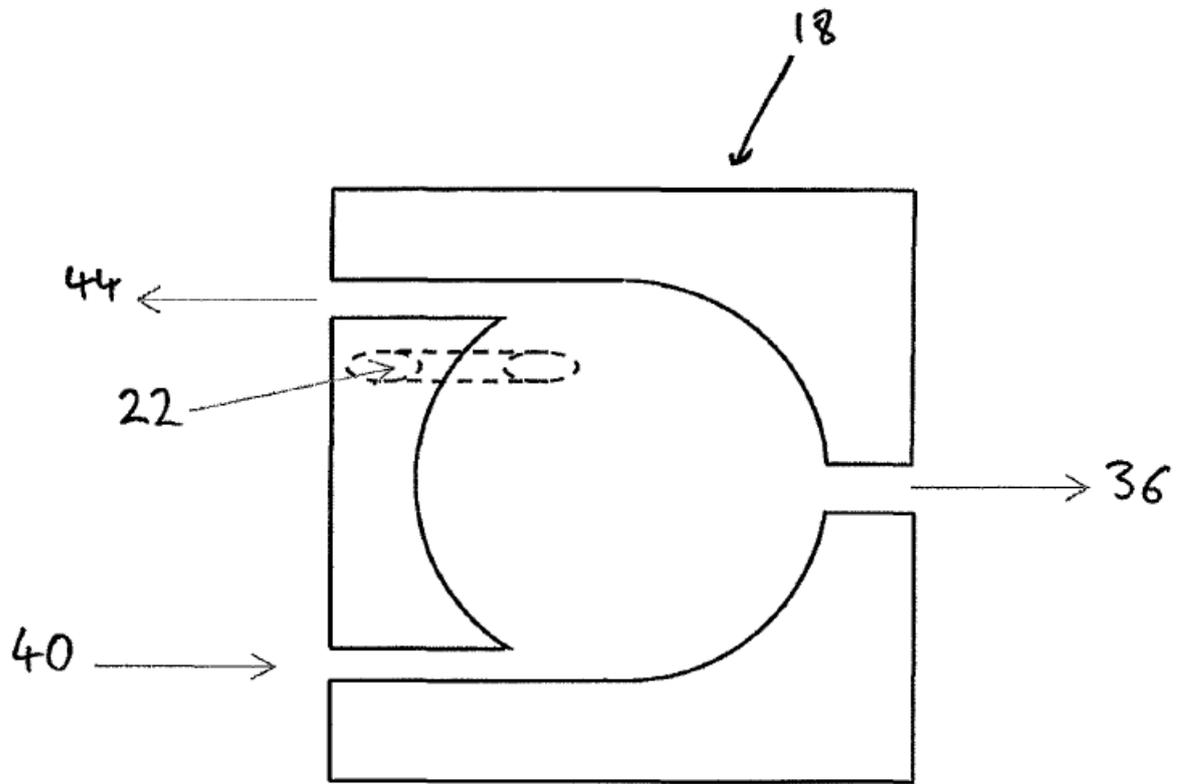


Figura 2

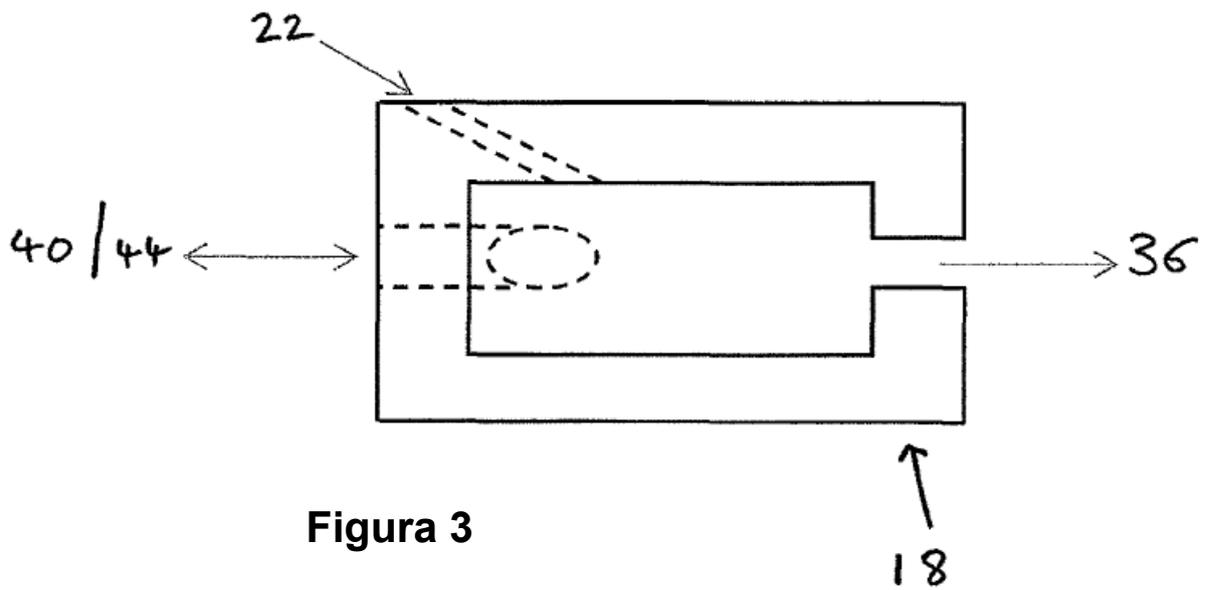


Figura 3