

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 959 859**

51 Int. Cl.:

F01K 25/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.11.2017 PCT/GB2017/053512**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.06.2018 WO18100339**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.11.2017 E 17818213 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2023 EP 3548715**

54 Título: **Método para impulsar una turbina**

30 Prioridad:

01.12.2016 GB 201620446
07.04.2017 GB 201705618

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.02.2024

73 Titular/es:

CCM TECHNOLOGIES LIMITED (100.0%)
Centre for Innovation and Enterprise Oxford
University Begbroke Science Park Woodstock
Road
Begbroke, Oxfordshire OX5 1PF, GB

72 Inventor/es:

HAMMOND, PETER

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 959 859 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 para impulsar una turbina

5 La presente invención se refiere a un método de generación de energía. En particular, la invención se refiere a un método de generación de energía usando dióxido de carbono.

10 La presente invención se refiere a la generación de energía eléctrica. Casi toda la energía eléctrica del mundo se genera mediante una turbina impulsada por un fluido que impulsa un generador. La turbina puede ser impulsada por viento, agua, vapor o quemando gas natural. Lo más habitual es que se use vapor para impulsar la turbina. El vapor puede generarse calentando agua mediante la combustión de combustibles fósiles, mediante fusión nuclear o usando una fuente renovable, por ejemplo, usando calor de fuentes solares.

15 El documento EP 277777 divulga un sistema a presión atmosférica; para almacenar energía eléctrica en forma de dióxido de carbono de punto triple y usar dicha energía almacenada más calor para generar energía eléctrica.

El documento JP2004239 divulga un mecanismo de generación de energía del tipo de circulación cerrada de dióxido de carbono.

20 El documento DE10126403 describe una central eléctrica que tiene dióxido de carbono como medio de trabajo.

La presente invención usa dióxido de carbono como medio alternativo para impulsar una turbina, lo que ofrece una serie de ventajas que se describirán con más detalle en el presente documento.

25 Según la presente invención, se proporciona un método para impulsar una turbina, comprendiendo el método:

(a) proporcionar dióxido de carbono sólido;

30 (b) calentar el dióxido de carbono sólido para producir un fluido de dióxido de carbono a alta presión;

(c) hacer pasar el dióxido de carbono sobre una pala de la turbina; y

(d) recoger el dióxido de carbono que ha pasado sobre la pala de turbina;

35 en donde el dióxido de carbono recogido en la etapa (d) está en forma sólida; caracterizado por que en la etapa (a) el dióxido de carbono sólido se proporciona a presión atmosférica.

40 En el presente documento se describe un aparato para accionar una turbina, comprendiendo el aparato un primer recipiente que se puede cerrar mediante una válvula y un segundo recipiente, en donde los dos recipientes están conectados por un conducto y en donde una pala de una turbina está ubicada dentro del conducto de modo que el gas que fluye a través del conducto hace que la turbina gire; en donde la temperatura en el primer recipiente es ajustable.

En el presente documento se describe un método para generar energía, comprendiendo el método:

45 (i) proporcionar un aparato como se define en el presente documento;

(ii) añadir dióxido de carbono sólido al primer recipiente;

50 (iii) suministrar calor al primer recipiente mientras está cerrado; y

(iv) abrir la válvula para permitir que el dióxido de carbono pase a través del conducto al segundo recipiente.

A continuación, se describirán características preferidas de la invención.

55 Para comprender la presente invención es importante comprender las fases que pueden existir para el dióxido de carbono. La figura 1 muestra un diagrama de fases para el dióxido de carbono. A baja presión siempre existe como gas. A temperaturas y presiones inferiores al punto triple (-56,6 °C, 0,519 MPa (5,19 bar)), el dióxido de carbono se sublima. A temperaturas superiores al punto triple, el dióxido de carbono se convierte primero en líquido a medida que aumenta la presión y luego en sólido, hasta alcanzar el punto crítico (30,98 °C, 7,377 MPa (73,77 bar)). A temperaturas y presiones superiores al punto crítico, el dióxido de carbono existe como fluido supercrítico.

60 La propiedad del dióxido de carbono que se usa ventajosamente en la presente invención es el hecho de que se sublima a presión atmosférica. El punto de sublimación a presión atmosférica es -78,5 °C. Es relativamente sencillo almacenar y transportar materiales a esta temperatura y, por tanto, el dióxido de carbono puede transportarse en forma sólida sin necesidad de un recipiente presurizado. Un material sólido es fácil de manipular.

ES 2 959 859 T3

En la etapa (a) del método de la presente invención se proporciona dióxido de carbono sólido. Esto se proporciona adecuadamente dentro de un recipiente que se puede cerrar mediante una válvula, adecuadamente el primer recipiente del aparato descrito en el presente documento.

5 En la etapa (a) se proporciona dióxido de carbono sólido a presión atmosférica. Es sencillo suministrar un material sólido a un recipiente a presión atmosférica. Por tanto, antes de su suministro al recipiente (adecuadamente el primer recipiente del aparato), el dióxido de carbono se mantiene adecuadamente a una temperatura de -78,5 °C o inferior. No es necesario controlar la temperatura del recipiente al que se suministra el dióxido de carbono en ese punto.

10 Una vez que el dióxido de carbono ha sido suministrado al recipiente, el recipiente se cierra adecuadamente y también se cierra la válvula. En este punto se aumenta adecuadamente la temperatura del recipiente. Esto se consigue adecuadamente suministrando calor al recipiente. En realizaciones preferidas, el aparato comprende además medios para suministrar calor al primer recipiente.

15 La etapa (b) del método de la invención implica calentar el dióxido de carbono para producir un fluido de dióxido de carbono a alta presión.

Por fluido de dióxido de carbono a alta presión se hace referencia a un dióxido de carbono en forma fluida a una presión mayor que la presión atmosférica. Preferentemente, la presión es al menos 0,2 MPa (2 bar), adecuadamente al menos 0,5 MPa (5 bar), más preferentemente al menos 1 MPa (10 bar), adecuadamente al menos 2 MPa (20 bar), preferentemente al menos 5 MPa (50 bar), por ejemplo, al menos 7 MPa (70 bar), adecuadamente al menos 9 MPa (90 bar), por ejemplo, al menos 10 MPa (100 bar). En la etapa (b), el dióxido de carbono se puede calentar para proporcionar una presión de hasta 15 MPa (150 bar), preferentemente hasta 20 MPa (200 bar), por ejemplo, hasta 25 MPa (250 bar) o hasta 30 MPa (300 bar).

25 Al calentar el dióxido de carbono en la etapa (b), también se consigue adecuadamente un aumento de temperatura. Adecuadamente, la temperatura es al menos -60 °C, preferentemente al menos -55 °C, adecuadamente al menos -50 °C. La temperatura puede ser mayor, por ejemplo, por encima de -30 °C o por encima de -15 °C o por encima de 0 °C. La temperatura puede alcanzar hasta 20 °C o incluso hasta 50 °C.

30 La temperatura y la presión cambiarán dependiendo del grado de calentamiento. El fluido de dióxido de carbono a alta presión proporcionado en la etapa (b) puede ser un gas a alta presión, puede ser un líquido o puede ser un fluido supercrítico.

35 En algunas realizaciones preferidas, la etapa (b) implica calentar dióxido de carbono sólido para producir dióxido de carbono supercrítico.

Debido a que el recipiente está cerrado, a medida que se suministra calor, la presión y la temperatura del dióxido de carbono contenido en él aumentan. Inicialmente, el dióxido de carbono se sublimará y, a medida que el gas se caliente más y la presión aumente, se formará un líquido o fluido supercrítico.

40 El calentamiento del dióxido de carbono sólido en la etapa (b) se puede conseguir mediante cualquier medio adecuado. Dichos medios serán conocidos por el experto en la técnica. En realizaciones preferidas, el calentamiento se consigue haciendo pasar un elemento calefactor a través del recipiente, por ejemplo, un elemento calefactor eléctrico o una tubería que transporta agua o un fluido térmico.

45 La etapa (c) del método de la invención implica hacer pasar el dióxido de carbono sobre una pala de una turbina.

Adecuadamente, el método de la invención se lleva a cabo en un aparato descrito en el presente documento. Adecuadamente, la etapa (c) implica abrir la válvula del recipiente que contiene el dióxido de carbono, adecuadamente el primer recipiente del aparato. La presión en el conducto y el segundo recipiente es adecuadamente mucho menor que la presión en el primer recipiente antes de abrir la válvula. Adecuadamente, el segundo recipiente está abierto al conducto cuando se abre la válvula del primer recipiente. Adecuadamente, la presión en el conducto y el segundo recipiente cuando se abre la válvula del primer recipiente es inferior a 0,5 MPa (5 bar), preferentemente inferior a 0,3 MPa (3 bar), adecuadamente inferior a 0,2 MPa (2 bar). Adecuadamente, la presión en el conducto y el segundo recipiente cuando se abre la válvula del primer recipiente es aproximadamente la presión atmosférica normal, es decir, aproximadamente 0,101 MPa (1,01 bar).

60 Adecuadamente, la temperatura en el segundo recipiente cuando se abre la válvula del primer recipiente es inferior a 50 °C. Adecuadamente es la temperatura ambiente local.

La pala de turbina se encuentra en el conducto. Por lo tanto, se puede considerar que el conducto está dividido en dos porciones por la pala de turbina.

65 La porción del conducto que es adyacente al segundo recipiente puede enfriarse.

La porción del conducto que es adyacente al primer recipiente puede calentarse.

En algunas realizaciones, el segundo recipiente puede enfriarse.

- 5 La etapa (d) del método de la invención implica (d) recoger el dióxido de carbono que ha pasado sobre la pala de turbina.
- 10 Adecuadamente, debido al diferencial de presión, cuando se abre la válvula del primer recipiente, el fluido de dióxido de carbono a alta presión fluye a través del conducto sobre la pala de turbina y hacia el segundo recipiente. A medida que el dióxido de carbono fluye sobre la pala de turbina, se expande y se enfría significativamente. Esta expansión y enfriamiento hace que el dióxido de carbono se solidifique. A continuación, el material sólido se recoge en el segundo recipiente.
- 15 En algunas realizaciones, la región del aparato entre la válvula y la turbina se puede calentar. Esto es para garantizar que la expansión continúe una vez que el fluido haya abandonado el recipiente. La válvula y/o la porción del conducto entre la válvula y la turbina pueden calentarse.
- 20 Este calentamiento puede ser necesario para garantizar que el dióxido de carbono no se solidifique antes de pasar sobre la pala de turbina.
- En algunas realizaciones, la porción del conducto entre el primer recipiente y la pala de turbina puede incluir un deflector para estimular el flujo hacia la pala. En algunas realizaciones, el deflector puede calentarse.
- 25 Así, en realizaciones preferidas, la etapa (d) del método de la invención implica recoger dióxido de carbono sólido en el segundo recipiente del aparato.
- Ventajosamente, dado que el dióxido de carbono que ha pasado sobre la pala de turbina solidifica la presión en el conducto y el segundo recipiente no aumenta y por lo tanto el fluido de dióxido de carbono a alta presión continúa fluyendo fuera de los primeros recipientes y a través del conducto hasta que el suministro está sustancialmente agotado.
- 30 La solidificación del dióxido de carbono en el segundo recipiente provoca una reducción significativa (aproximadamente 10^3) en el volumen ocupado por el dióxido de carbono. Esto conduce a una caída de presión a través de la pala de turbina, lo que impulsa aún más el flujo a través de la pala. En algunas realizaciones, la porción del conducto entre la pala de turbina y el segundo recipiente puede enfriarse. Sin embargo, esto frecuentemente no es necesario, ya que la solidificación del dióxido de carbono provoca un enfriamiento suficiente.
- 35 Las características preferidas del método de generación de energía son las definidas anteriormente. Permitir que el dióxido de carbono pase sobre la pala de turbina hace que la turbina gire y esto puede usarse, por ejemplo, para generar energía eléctrica. La generación de energía eléctrica a partir de una turbina giratoria se puede conseguir mediante cualquier medio conocido.
- 40 Adecuadamente, el aparato está configurado para garantizar que cuando el dióxido de carbono se hace pasar sobre una pala de una turbina, la turbina gira. Esta rotación se puede usar a continuación para generar energía eléctrica.
- 45 Adecuadamente, el aparato está configurado para permitir que el dióxido de carbono gaseoso pase secuencialmente sobre múltiples palas de una turbina. Esto facilitará la rotación continua a medida que fluye el gas. El posicionamiento adecuado de las palas de turbina dentro de un flujo de gas está dentro de la competencia del experto en la técnica. La disposición puede ser la misma que las disposiciones comúnmente usadas para turbinas accionadas por vapor.
- 50 La presente invención puede implicar adecuadamente un sistema cerrado. En realizaciones preferidas no se permite deliberadamente que el dióxido de carbono escape del aparato durante el método. Por tanto, las palas de turbina están ubicadas preferentemente completamente dentro del conducto. Es inevitable que haya cierta falta de eficiencia en el sistema y que se pierda algo de dióxido de carbono. Sin embargo, es preferente no permitir que se escape intencionadamente.
- 55 El dióxido de carbono sólido se recoge adecuadamente en el segundo recipiente durante el método. Una vez que se ha agotado el suministro de dióxido de carbono supercrítico del primer recipiente y se ha recogido todo el dióxido de carbono sólido en el segundo recipiente, se puede cerrar el segundo recipiente.
- 60 El segundo recipiente está conectado al conducto. Por tanto, hay una abertura en el segundo recipiente que está conectada al conducto. En algunas realizaciones preferidas, esta abertura se puede cerrar. Adecuadamente, el segundo recipiente se puede cerrar mediante una válvula. Adecuadamente, la válvula proporcionada en el segundo recipiente es del mismo tipo que la válvula que cierra el primer recipiente.
- 65 En realizaciones preferidas, el primer recipiente y el segundo recipiente son sustancialmente iguales.

- De manera adecuada, cada uno de los primer y segundo recipientes está provisto de una válvula. Cada válvula puede abrirse completamente para permitir que el material sólido pase al recipiente desde el conducto. Cada válvula también puede estar cerrada para evitar que el material fluido se escape del recipiente y para soportar un aumento de presión dentro del recipiente. Cada válvula puede abrirse para permitir que el fluido a alta presión escape desde el recipiente al conducto.
- Por tanto, en realizaciones preferidas, el aparato comprende un primer recipiente que se puede cerrar mediante una válvula y un segundo recipiente que se puede cerrar mediante una válvula, en donde los dos recipientes están conectados mediante un conducto. Adecuadamente, cada válvula es una válvula de dos vías que permite que el material fluya dentro y fuera del recipiente. Cada válvula puede tener una primera posición abierta que permite que se deposite material sólido en el recipiente y una segunda posición abierta que permite que el fluido a alta presión escape del recipiente. La primera posición abierta y la segunda posición abierta para cada válvula pueden ser iguales o diferentes.
- Por tanto, en realizaciones preferidas, la invención puede implicar proporcionar dióxido de carbono sólido en un primer recipiente cerrado; calentar el dióxido de carbono sólido para producir un fluido de dióxido de carbono a alta presión; y abrir una válvula del primer recipiente para permitir que el dióxido de carbono a alta presión pase a través del conducto de modo que pase a través de una válvula abierta al segundo recipiente. Al pasar a través del conducto, pasa sobre la pala de una turbina y hace que la turbina gire. Una vez que se agota el suministro de fluido a alta presión desde el primer recipiente y se ha recogido todo el dióxido de carbono sólido en el segundo recipiente, la válvula en el segundo recipiente se cierra adecuadamente. A continuación, se puede calentar el dióxido de carbono en el segundo recipiente para proporcionar un fluido a alta presión, a continuación, se puede abrir la válvula en el segundo recipiente y permitir que el fluido regrese al conducto para pasar en sentido contrario sobre las palas de turbina y regresar al primer recipiente abierto como un sólido. Por tanto, el proceso se puede ejecutar a la inversa.
- Adecuadamente, la turbina es capaz de girar en cualquier dirección.
- El aparato incluye adecuadamente un medidor de temperatura y presión en al menos el primer recipiente y preferentemente adicionalmente en el segundo recipiente. De este modo, un usuario puede determinar cuándo se debe abrir la válvula una vez que se alcanza una presión y/o temperatura particular. Dicho proceso puede automatizarse.
- En realizaciones preferidas en las que el proceso puede realizarse a la inversa, cada porción del conducto puede estar provista de medios para calentar y medios para enfriar.
- En algunas realizaciones, se puede situar un elemento que comprende un fluido de transferencia de calor dentro o alrededor de cada porción del conducto. Un fluido de este tipo puede calentarse o enfriarse opcionalmente según se desee.
- Una ventaja de usar el sistema (preferentemente cerrado) es que es muy eficiente. En cada etapa se debe suministrar calor al sistema. Sin embargo, una ventaja de usar dióxido de carbono en lugar de vapor para impulsar la turbina es que se necesita suministrar una menor cantidad de energía térmica para lograr una producción de energía equivalente.
- Debido a que el dióxido de carbono se puede suministrar en forma sólida, se necesita menos energía para producir el fluido con la presión necesaria para impulsar la turbina. Por tanto, la energía térmica que se debe suministrar al dióxido de carbono en el método de la presente invención es menor que la que normalmente se necesitaría suministrar al agua para impulsar la turbina usando vapor.
- Adicionalmente, debido a que el dióxido de carbono tiene un peso molecular más alto que el agua, puede aplicar una fuerza mayor a la pala de turbina para una velocidad dada del gas.
- Una ventaja particular de la presente invención es que permite utilizar eficazmente el calor de "baja calidad", por ejemplo, el calor residual de otra fuente de generación de energía. Este calor habitualmente es insuficiente para generar el vapor necesario para impulsar una turbina.
- El dióxido de carbono usado en la presente invención también podría capturarse, por ejemplo, de la combustión de combustibles fósiles. Por tanto, sería muy ventajoso ubicar un aparato de generación de energía de la presente invención en un sitio de generación de energía existente.
- La invención se describirá ahora con más detalle con referencia a las figuras adjuntas, en las que la figura 1 muestra el diagrama de fases del dióxido de carbono y la figura 2 proporciona una vista esquemática del aparato.
- El aparato de la figura 2 incluye un primer recipiente 1 y un segundo recipiente 2, cada uno de los cuales tiene un elemento calefactor 3 que los atraviesa. Los recipientes 1 y 2 están unidos por un conducto 4 y una turbina 5 está ubicada dentro del conducto. El conducto está dividido en dos porciones 4A y 4B por la turbina. Cada una de las porciones 4A y 4B del conducto puede calentarse o enfriarse independientemente. Cada recipiente se cierra mediante una válvula (6, 7). La válvula 6 del recipiente 1 está inicialmente cerrada y la válvula 7 del recipiente 2 está inicialmente

5 abierta. Se carga dióxido de carbono sólido (hielo seco) en el recipiente 1 que se cierra mediante la válvula 6. El dióxido de carbono comienza a expandirse y el elemento calefactor se activa para aumentar la temperatura en el recipiente 1, lo que hace que la presión también aumente rápidamente. Cuando se alcanzan una presión y temperatura deseadas, la válvula 1 se abre. El fluido de dióxido de carbono fluye a través del conducto y la turbina y hacia el recipiente 2 a través de la válvula abierta 1. Cuando se abre la válvula 1 hay una caída de presión a medida que el fluido pasa a través del conducto desde la porción 4A a la porción 4B y sobre la turbina. Esto conduce a una rápida expansión, enfriamiento y solidificación del dióxido de carbono. El material sólido resultante se recoge en el recipiente 2. Una vez que se ha recogido todo el dióxido de carbono sólido, se puede cerrar la válvula 7 y repetir el proceso a la inversa.

REIVINDICACIONES

1. Un método para impulsar una turbina, comprendiendo el método las siguientes etapas:
- 5 (a) proporcionar dióxido de carbono sólido;
(b) calentar el dióxido de carbono sólido para producir un fluido de dióxido de carbono a alta presión;
(c) hacer pasar el dióxido de carbono sobre una pala de la turbina; y
(d) recoger el dióxido de carbono que ha pasado sobre la pala de turbina;
en donde el dióxido de carbono recogido en la etapa (d) está en forma sólida, **caracterizado por que** en la etapa (a) el dióxido de carbono sólido se proporciona a presión atmosférica.
- 10 2. Un método según la reivindicación 1, que se lleva a cabo en un aparato que comprende un primer recipiente (1) que se puede cerrar mediante una válvula (6) y un segundo recipiente (2), en donde los dos recipientes están conectados por un conducto (4) y en donde una pala de una turbina (5) está ubicada dentro del conducto de modo que el gas que fluye a través del conducto hace que la turbina gire; en donde la temperatura en el primer recipiente es ajustable.
- 15 3. Un método según la reivindicación 2, en donde el segundo recipiente es sustancialmente igual que el primer recipiente.
- 20 4. Un método según la reivindicación 2 o la reivindicación 3, que comprende además medios (3) para suministrar calor al primer recipiente.
5. Un método según cualquier reivindicación anterior, en donde el fluido proporcionado en la etapa (b) tiene una presión de al menos 2 MPa (20 bar).
- 25 6. Un método según las reivindicaciones 3 a 5, en donde la etapa (c) implica abrir una válvula del recipiente que contiene dióxido de carbono.
7. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en donde las palas de turbina están ubicadas completamente dentro del conducto.
- 30 8. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7, en donde el segundo recipiente se puede cerrar mediante una válvula.
- 35 9. Un método según la reivindicación 8, en donde cada válvula puede tener una primera posición abierta que permite que se deposite material sólido en el recipiente y una segunda posición abierta que permite que fluido a alta presión escape del recipiente, en donde la primera posición abierta y la segunda posición abierta para cada válvula pueden ser iguales o diferentes.
- 40 10. Un método para impulsar una turbina según la reivindicación 8 o la reivindicación 9, que se lleva a cabo a la inversa.

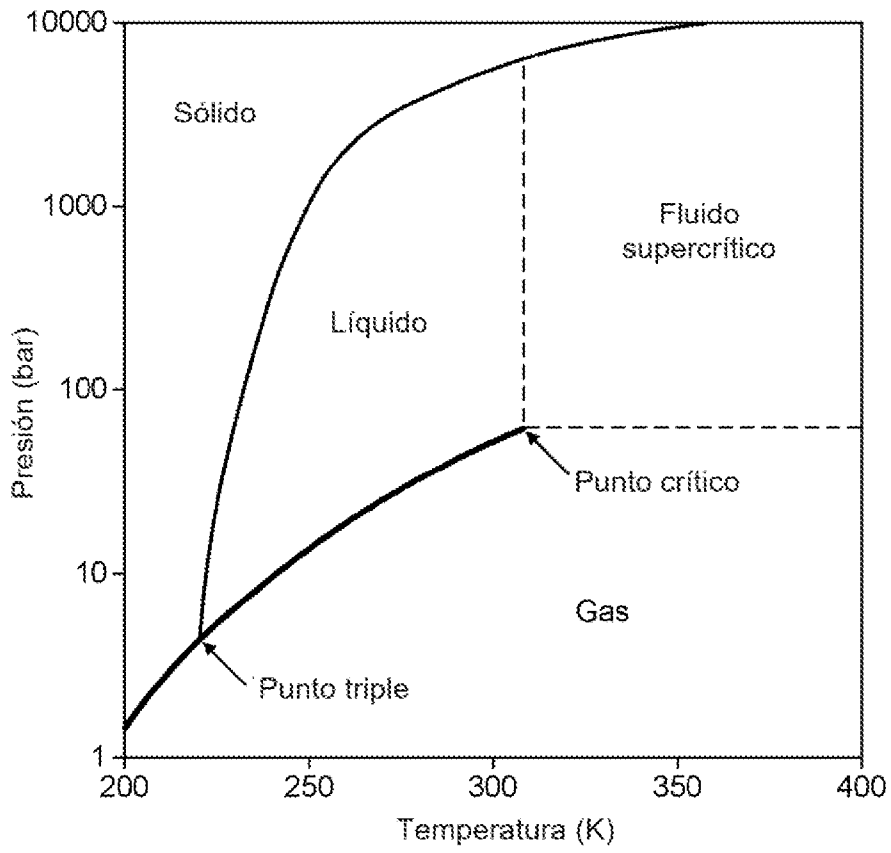


FIG. 1

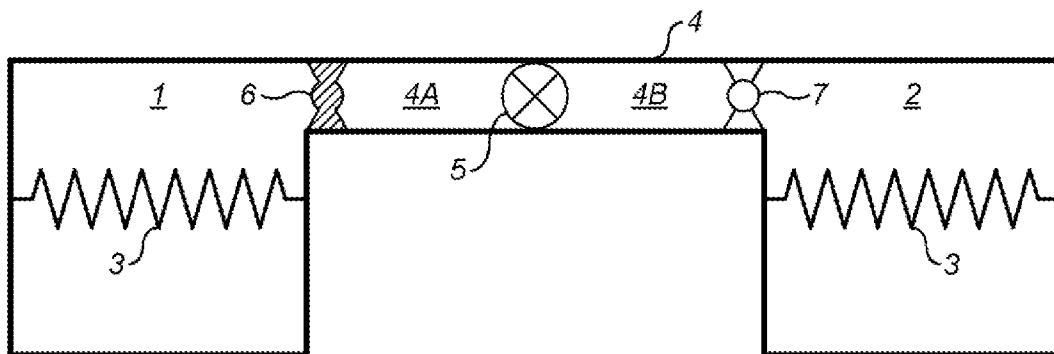


FIG. 2