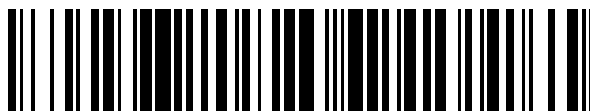


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 544 623**

51 Int. Cl.:

**F24J 2/07** (2006.01)

**F17D 3/10** (2006.01)

**F03G 6/06** (2006.01)

**F24J 2/46** (2006.01)

**F24J 2/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.09.2012 E 12759075 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.07.2015 EP 2753827**

54 Título: **Sistema de tubería y procedimiento para vaciar un sistema de tubería**

30 Prioridad:

**06.09.2011 EP 11180219**

**06.09.2011 US 201161531114 P**

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

**02.09.2015**

73 Titular/es:

**BASF SE (100.0%)**  
**67056 Ludwigshafen, DE**

72 Inventor/es:

**WORTMANN, JÜRGEN;**  
**LUTZ, MICHAEL;**  
**GÄRTNER, MARTIN;**  
**SCHIERLE-ARNDT, KERSTIN;**  
**MAURER, STEPHAN;**  
**LADENBERGER, MICHAEL;**  
**GEYER, KAROLIN y**  
**GARLICH, FLORIAN**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 544 623 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 tubería y procedimiento para vaciar un sistema de tubería

5 La invención se refiere a un sistema de tubería para el transporte de una sal fundida, que comprende al menos una tubería a través de la que fluye la sal fundida, al menos un conducto de alimentación y al menos un conducto de evacuación. Además, la invención se refiere a un procedimiento para vaciar un sistema de tubería para transportar una sal fundida.

10 Sistemas de tubería para el transporte de una sal fundida se emplean, por ejemplo, en centrales solares, en particular en centrales solares de canales parabólicos o en centrales de Fresnel. Los sistemas de tubería están diseñados a este respecto en general en forma de redes que sirven para detectar energía solar en la central solar tal como son conocidas, por ejemplo, por el documento US 2010/0199974. En una central solar de este tipo se concentra la energía de radiación del sol mediante espejos parabólicos sobre receptores. La combinación de un espejo parabólico y un receptor se denomina colector. Una serie de colectores se conectan en serie de modo que forman los denominados bucles solares. Para ello, los receptores están conectados en cada caso con el sistema de tubería o constituyen una parte del sistema de tubería. A través del sistema de tubería fluye un líquido caloportador al que se transfiere la energía de radiación captada por los receptores.

15 Actualmente se emplea como líquido caloportador en particular una mezcla de éter de bifenilo/difenilo que, sin embargo, está limitada con respecto a su temperatura operativa máxima debido a su temperatura de descomposición de aproximadamente 400 °C. Para obtener temperaturas operativas superiores que permiten un rendimiento mayor son necesarios otros líquidos caloportadores. Para ello se emplean en particular sales fundidas, por ejemplo, la denominada sal solar, una mezcla de nitrato de sodio y nitrato de potasio en una proporción de 60:40.

20 Sin embargo, el inconveniente de sales fundidas es que éstas tienen un alto punto de fusión. Por ejemplo, una mezcla de nitrato de sodio/nitrato de potasio se funde en el eutéctico, es decir, con una proporción de mezcla de 44:56 con una temperatura de 218 °C. En sistemas de tubería largos, tal como aparecen en centrales solares, es difícil operar de manera segura sales fundidas con altos puntos de fusión. La congelación de la sal fundida puede provocar grandes daños económicos en sistemas de tubería. El motivo de los daños es, por ejemplo, la expansión de volumen intensa de sales en la fusión. Existe el riesgo de que griferías y tuberías se abran a presión y sufran daños importantes.

25 Cuando la sal fundida se congela, lo que básicamente se puede realizar fuera de los tiempos operativos de la central solar, es decir, fuera de los tiempos de radiación del sol o en caso de una interrupción de la radiación solar a causa de las condiciones meteorológicas, se produce una contracción de volumen que en función del sistema de tubería y del estado operativo puede conducir a un estado de congelación diferente. Se espera que en general se produzcan burbujas evacuadas de forma no ventilada en la tubería que se juntan de modo que forman unidades más o menos grandes. En la refusión no se puede realizar una compensación de volumen suficiente para reducir presiones que se producen, dado el caso, debido a una distancia espacial grande entre los puntos de fusión con una expansión de volumen y las zonas evacuadas.

30 Para evitar una congelación de la sal fundida en el sistema de tubería es habitual vaciar el sistema de tubería en caso de tiempos de parada prolongados. Sin embargo, en los sistemas de tubería actuales con un depósito de reserva para la sal fundida, el vaciado requiere mucho tiempo y, en particular en caso de fallos a corto plazo, por ejemplo, en caso de una interrupción de la corriente eléctrica, no se puede garantizar de manera segura de modo que en particular en casos de este tipo se pueden producir daños en las tuberías.

35 Para el vaciado está previsto actualmente un recipiente de vaciado que está construido en una depresión y está protegido frente a una fuga con una cubeta de recipiente. Los bucles solares individuales, que están formados por el sistema de tubería, tienen una ligera pendiente de aproximadamente un 0,3 % de modo que el líquido contenido en las tuberías se desplaza al interior del recipiente de vaciado en caso de un vaciado debido a la pendiente.

40 En sistemas actuales con sólo un recipiente de vaciado, la pendiente pequeña que se emplea no es adecuada en general para vaciar de forma suficientemente rápida y completa en particular sistemas de tubería con tuberías largas tales como se emplean en centrales solares de canales parabólicos o en centrales de Fresnel y que a menudo pueden tener una longitud de tubería global de 100 kilómetros. Por otro lado, habitualmente se emplean válvulas y grifos que no tienen una posición segura. Así, en caso de una interrupción de energía, por ejemplo, las válvulas no pueden llevar el bucle solar a un estado seguro vaciado. En este caso se tiene que contar de manera segura con la congelación de la sal empleada como portador de calor. La solución de facilitar el suministro de energía eléctrico mediante un suministro auxiliar no es lo suficientemente segura contra todos los defectos de funcionamiento en la instalación. Finalmente, en caso de un vaciado al interior de un recipiente de vaciado central se producen trayectos de evacuación y tiempos de evacuación largos con el riesgo de que la sal caloportadora se congele durante la evacuación. Por otro lado, un fallo en un bucle solar puede conducir a que se pongan fuera de servicio todos los demás bucles solares.

Además, en sistemas de tubería empleados actualmente están conectados en general bancos de colectores en los elementos de distribución para el medio caloportador mediante tubos flexibles o uniones de articulación esférica. Sin embargo, éstos no están diseñados de modo que descienden constantemente. Por tanto, en el vaciado existe el riesgo de que restos de sal permanezcan en las conexiones flexibles y se congelen en las mismas.

- 5 Actualmente se emplea en general sal con un punto de fusión más bajo para minimizar los problemas que aparecen debido a la sal fundida en las tuberías. Sin embargo, sales fundidas de este tipo tienen inconvenientes considerables. Por ejemplo, sales caloportadoras conocidas con una temperatura de fusión más baja son mezclas de nitratos y nitritos del sodio y potasio así como de nitrato de potasio, nitrato de sodio y nitrato de calcio.

- 10 Sin embargo, mezclas de este tipo tienen una estabilidad térmica menor que la sal solar empleada habitualmente de nitrato de potasio nitrato de sodio, por lo que se limita el ámbito de uso a una temperatura inferior a 500 °C. Esto tiene como consecuencia de que se tenga que asumir un menor rendimiento de la central. Además, las sales se tienen que mantener en sistemas cerrados, lo que en el ámbito del campo solar conduce a un esfuerzo adicional, ya que sistemas de inertización, sistemas de limpieza de gas o sistemas de desviación de gas se tienen que colocar en el campo solar. La inertización es necesaria, ya que, por un lado, con sales que contienen nitrito, oxígeno atmosférico puede oxidar el nitrito de modo que se forma nitrato y, de este modo, el punto de solidificación de la sal puede aumentar de forma no controlada y, con sistemas que contienen calcio, dióxido de carbono reacciona con iones de calcio de modo que se forma carbonato de calcio insoluble.

- 15 Sales adicionales alternativas contienen en una medida considerable elementos caros y de escasa disponibilidad que limitan el uso económico a sistemas con una reserva baja. Componentes caros en estas sales son, por ejemplo, litio, rubidio y cesio.

- 20 Sistemas caloportadores diferentes a sales tienen en general una alta presión de vapor o provocan un esfuerzo considerable para la protección frente a corrosión de sistemas de tubería largos.

- 25 Por la industria química son conocidos sistemas para calentar reactores de baño de sal en los que existe en el punto más bajo un depósito de vaciado que está superpuesto con nitrógeno. En el sistema, todos los actuadores se encuentran en una posición segura de modo que, en caso de un estado operativo no deseado, la sal caloportadora fundida, en general una mezcla binaria de nitrito de sodio y nitrato de potasio, fluye al interior del recipiente de vaciado. Para ello, todas las tuberías están dispuestas de modo que descienden hacia el recipiente de vaciado. Las tuberías tienen a este respecto un diámetro tan grande que los conductos se vacían aunque no están previstas ventilaciones adicionales. Zonas sin capacidad de evacuación, por ejemplo, por encima de actuadores y conductos de bajada tienen conductos de vaciado propios a través de los que también se puede realizar un vaciado en caso de un bloqueo de válvula. La sal caloportadora fundida se transporta saliendo de los recipientes de vaciado con ayuda de bombas de inmersión al interior de las instalaciones químicas.

- 30 Sin embargo, estas soluciones típicas de reactores de baño de sal no se pueden utilizar y no son suficientes en un campo solar debido a la expansión grande de éste. Así, por ejemplo, no es adecuado utilizar un recipiente de vaciado para una central solar, ya que el proceso de vaciado duraría demasiado tiempo para evitar de manera segura una congelación. Además, los reactores de baño de sal se operan en general de forma continua, es decir, tras el arranque del reactor, la instalación está en funcionamiento de forma continua hasta la siguiente revisión. Hasta entonces, la instalación está permanentemente caliente y todos los componentes de la instalación están bajo el flujo. De este modo se pretende evitar que se produzcan obstrucciones debido a una congelación de la sal que sólo se pueden eliminar con mucho esfuerzo – si es que se pueden eliminar. Sin embargo, las centrales solares están sometidas a un ciclo permanente de encendido-apagado. Así, por ejemplo, el campo solar no se alimenta con energía de radiación durante la noche. Una operación continua en caliente por todos los elementos de la instalación conduciría a altas pérdidas de radiación en el campo solar. Por tanto, para evitar las altas pérdidas de radiación es útil operar una central solar de forma discontinua, en particular para mantener reducidas pérdidas de energía nocturnas.

- 35 Además, los reactores de baño de sal y los sistemas de tubería en centrales solares se diferencian en cuanto a su tamaño. Así, los reactores de baño de sal tienen habitualmente longitudes de tubería de, como máximo, algunos cientos de metros, mientras que la longitud de las tuberías en centrales solares de canales parabólicos puede superar 100 kilómetros. Esto conduce también a una cantidad de sal mayor en aproximadamente el factor 1000. Por tanto, sólo debido a su tamaño, estos sistemas de tubería en centrales solares no se pueden operar de manera análoga a sistemas de tubería, por ejemplo, en reactores de baño de sal.

- 40 El objetivo de la presente invención es, por tanto, proporcionar un sistema de tubería para el transporte de una sal fundida así como un procedimiento para vaciar un sistema de tubería para el transporte de una sal fundida que se pueda emplear en centrales solares y que no tenga los inconvenientes del estado de la técnica.

- 45 55 El objetivo se consigue mediante un sistema de tubería para el transporte de una sal fundida que comprende al menos una tubería a través de la que fluye la sal fundida, al menos un conducto de alimentación y al menos un conducto de evacuación, en el que, la tubería a través de la que fluye la sal fundida tiene al menos una pendiente inclinada con respecto a la horizontal y está conectada en cada caso en las posiciones más bajas a través de una

válvula de vaciado con un conducto de vaciado y en las posiciones más altas con una válvula de ventilación.

Además, el objetivo se consigue mediante un procedimiento para vaciar un sistema de tubería para el transporte de una sal fundida en el que se abren las válvulas de vaciado y la válvula de ventilación para el vaciado de modo que la sal fundida puede salir de la tubería a través del conducto de vaciado.

5 La previsión de la válvula de ventilación tiene la ventaja de que, en el vaciado, gas puede fluir posteriormente al interior del sistema de tubería y, de este modo, el vaciado se puede realizar de forma acelerada con respecto a un vaciado sin gas que sigue fluyendo. Además, los diámetros de las tuberías se pueden mantener más pequeños sin que se acumule sal fundida en las tuberías en el vaciado.

10 Así, por ejemplo, en caso de un sistema cerrado sin una válvula de ventilación correspondiente, la salida de la sal se vería obstaculizada por aire que fluye en sentido contrario. En particular en tuberías delgadas y con una pendiente muy pequeña, la sal no se podría evacuar en absoluto.

15 Como gas que se añade al sistema de tubería a través de las válvulas de ventilación es adecuado, por ejemplo, aire cuando se utiliza una sal que no se oxida en presencia de oxígeno. Así, en particular en el caso de utilizar una sal solar, es decir, de una mezcla de nitrato de potasio y nitrato de sodio, preferiblemente con una proporción de 40:60, es posible la ventilación con aire, pudiendo el aire estar liberado de vapor de agua y/o dióxido de carbono.

Cuando en el sistema de tubería se utiliza una sal que en presencia de oxígeno atmosférico reacciona químicamente, por ejemplo, una sal que contiene iones de calcio o nitrato, se alimenta a través de la válvula de ventilación un gas inerte con respecto a la sal utilizada, por ejemplo, nitrógeno.

20 Para permitir un vaciado completo del sistema de tubería cuando sea necesario es preferible que todos los componentes del sistema de tubería estén configurados con una pendiente. Así, por ejemplo, bancos receptores en centrales solares de canales parabólicos están dispuestos con tal movilidad que los espejos parabólicos siempre pueden captar de manera ideal la energía de radiación del Sol. Para poder mover los bancos receptores, las tuberías que atraviesan los bancos receptores están diseñadas de manera móvil y, por ejemplo, están conectadas a través de conductos flexibles con conexiones instaladas fijamente tales como colectores, elementos de distribución y conductos de vaciado. También los conductos flexibles, con los que están conectados los bancos receptores individuales, se tienen que instalar siempre de forma descendiente desde la válvula de ventilación hasta la válvula de vaciado para poder posibilitar un vaciado seguro. Arcos de movimiento, tal como se utilizan actualmente de acuerdo con el estado de la técnica y que discurren hacia arriba, se deben evitar a este respecto. En bancos receptores móviles se debe prever al menos una posición en la que es posible una evacuación de la sal fundida. Esta posición se debe realizar de manera intrínsecamente segura ("fail-safe") de modo que, también en caso de una interrupción de energía, los bancos receptores se mueven a la posición desde la que es posible una evacuación de la sal fundida. Esto se puede conseguir, por ejemplo, con una propulsión por resorte o una propulsión por aire comprimido. Cuando la posición, desde la que es posible una evacuación de la sal fundida, se debe conseguir con una propulsión por aire comprimido, se utilizan preferiblemente acumuladores de aire comprimido.

35 En una forma de realización preferida, cada válvula de vaciado y cada válvula de ventilación en el sistema de tubería es una válvula con un funcionamiento intrínsecamente seguro ("failsafe") que se abre cuando se produce una situación que requiere un vaciado. Situaciones de este tipo que requieren un vaciado son, por ejemplo, la aparición de una temperatura excesiva o una temperatura insuficiente en el bucle solar, la aparición de una sobrepresión o de una presión negativa en el bucle solar, una desviación del caudal a través del bucle solar o también una interrupción de la corriente eléctrica. Además, un vaciado también se puede deber, por ejemplo, a un control automático, por ejemplo, un vaciado nocturno en el funcionamiento en marcha o también un vaciado cuando la irradiación solar no es suficiente para poder operar de manera segura la central solar. Además debe ser posible un vaciado también en caso de una intervención manual.

45 Por ejemplo, la aparición de una temperatura excesiva o una temperatura insuficiente en el bucle solar o también un defecto de aislamiento se puede localizar rápidamente por todo el campo solar con un sistema de exploración óptico de infrarrojos. Asimismo, por ejemplo, un sistema de exploración de este tipo puede desencadenar un vaciado del sistema de tubería cuando se miden valores diferentes a la norma.

50 Las válvulas de vaciado y las válvulas de ventilación utilizadas como válvula con un funcionamiento intrínsecamente seguro están cerradas en el funcionamiento normal de la central solar. Cuando se realiza un vaciado, las válvulas se abren automáticamente. En el caso de la válvula de ventilación, esto implica una apertura de la válvula, en el caso de la válvula de vaciado, esto implica una apertura de la tubería al interior del conducto de vaciado de modo que la sal fundida se puede evacuar del sistema de tubería al interior de un recipiente de vaciado.

55 En una central solar, las tuberías individuales del sistema de tubería están diseñadas habitualmente como bucle en forma de u, estando el conducto de alimentación y el conducto de evacuación dispuestos en cada caso en los extremos de brazo del bucle en forma de u. A este respecto, los extremos de brazo están conectados en general en cada caso con un conducto colector, en el que la sal fundida se alimenta a través de un conducto colector en el funcionamiento en marcha a la tubería y la sal fundida calentada se evacua de la tubería a través del otro conducto colector y se conduce al interior de un evaporador. En el evaporador se evapora y se sobrecalienta agua con la sal

fundida y se propulsa una turbina para la generación de corriente eléctrica con el vapor así generado. En el evaporador, la sal fundida se enfría y se vuelve a introducir a través del conducto colector en las tuberías del sistema de tubería en las que se vuelve a calentar la sal fundida en los receptores.

5 En una forma de realización preferida de la invención, las válvulas de vaciado previstas en el sistema de tubería están dispuestas de modo que en la apertura se vacían tanto la tubería como el conducto de alimentación o el conducto de evacuación al interior de los conductos colectores. Para posibilitar un vaciado rápido del sistema de tubería es preferible a este respecto que cada bucle solar individual se pueda vaciar a través de válvulas de vaciado al interior del conducto de vaciado.

10 Para minimizar los respectivos trayectos que tiene que recorrer la sal fundida para el vaciado es preferible además colocar la válvula de ventilación de forma céntrica entre las válvulas de vaciado de la tubería en forma de u. De este modo, el trayecto máximo desde la válvula de ventilación hasta la válvula de vaciado en la respectiva tubería siempre tiene la misma longitud.

15 Para poder acelerar adicionalmente el vaciado de la tubería es preferible además cuando la válvula de ventilación esté conectada con un conducto de gas comprimido. En función de la sal utilizada se puede utilizar como gas comprimido, por ejemplo, aire comprimido cuando en la sal fundida no están contenidos componentes que reaccionan químicamente con componentes del aire. De forma alternativa es también posible utilizar como gas comprimido, por ejemplo, un gas inerte, por ejemplo, nitrógeno, o también aire sintético o aire depurado de CO<sub>2</sub>. Mediante el uso de un gas comprimido se introduce gas bajo presión en la tubería en la apertura de la válvula de ventilación y, así, la sal fundida se expulsa a presión de la tubería. Esto conduce a un vaciado acelerado. Para obtener una alimentación de gas comprimido segura frente a interrupciones es especialmente preferible cuando el gas comprimido se proporcione en acumuladores de gas comprimido que están conectados a la válvula de ventilación a través del conducto de gas comprimido. A este respecto, los acumuladores de gas comprimido también pueden estar colocados de forma descentralizada.

25 En una forma de realización de la invención, el sistema de tubería comprende al menos dos tuberías diseñadas preferiblemente en forma de u que en cada caso tienen una pendiente inclinada con respecto a la horizontal y que en cada caso están conectadas en las posiciones más bajas a través de una válvula de vaciado con un conducto de vaciado y en las posiciones más altas con una válvula de ventilación. Mediante el uso de al menos dos tuberías, preferiblemente más de dos tuberías, se puede reducir en cada caso la longitud global de las tuberías individuales. La conexión de la respectiva tubería con una válvula de vaciado sirve además para que cada tubería individual se pueda vaciar por separado y no se tengan que vaciar todas las tuberías por el conducto colector común. También esto permite un vaciado más rápido que un vaciado a través de los conductos colectores a interior de un recipiente de vaciado común.

35 Para captar la sal fundida extraída de las tuberías es preferible conectar los conductos de vaciado en cada caso con un recipiente de vaciado. A este respecto es ventajoso además cuando los recipientes de vaciado están colocados en proximidad de la respectiva tubería para evitar trayectos largos desde la tubería hasta el interior del recipiente de tubería y, con ello, conductos de vaciado largos.

Para poder eliminar completamente la sal de las tuberías es ventajoso además cuando los recipientes de vaciado tienen en cada caso un volumen que corresponde al menos al volumen de todas las tuberías que desembocan a través de los respectivos conductos de vaciado en los recipientes de vaciado.

40 Para reducir el número de los recipientes de vaciado es posible además segmentar el sistema de tubería, teniendo cada segmento al menos dos tuberías y estando asociado con cada segmento un recipiente de vaciado. Los segmentos se eligen a este respecto de modo que es posible un vaciado lo suficientemente rápido al interior del recipiente de vaciado y la longitud de tubería global, en particular de los conductos de vaciado, aún se puede mantener lo suficientemente corta. En un segmento de este tipo es posible, por ejemplo, vaciar las tuberías individuales del sistema de tubería en primer lugar a través de válvulas de vaciado en cada caso al interior de un conducto de vaciado, juntar los conductos de vaciado de modo que se forma un conducto colector común y lograr que éste desembogue en el recipiente de vaciado. Cuando sólo en el vaciado, por ejemplo, en una tubería, aparecen problemas, esto conduce a que, como máximo en el segmento que contiene la tubería, se puedan producir daños o a que este segmento no se pueda volver a arrancar sin problemas. Sin embargo, los segmentos restantes se pueden seguir operando sin problemas.

45 De forma alternativa o adicional a la carga de la tubería con un gas comprimido a través de la válvula de ventilación es también posible evacuar en cada caso los recipientes de vaciado. En este caso, la presión atmosférica en la apertura de las válvulas de ventilación conduce a un vaciado acelerado de las tuberías al interior del recipiente de vaciado. La evacuación del recipiente de vaciado tiene la ventaja adicional de que un vaciado rápido y seguro también es posible, por ejemplo, cuando debido a una interrupción de corriente eléctrica no está disponible gas comprimido suficiente. En este caso es posible un vaciado rápido propulsado por presión con respecto a la presión de ambiente en la apertura de la válvula de ventilación frente al entorno.

Además, de forma alternativa o adicional es también posible que la tubería se conduzca de modo que tiene una gran pendiente con una alta diferencia de potencial hidrostática en proximidad del recipiente de vaciado. Para ello, por ejemplo, es posible colocar el recipiente de vaciado en una depresión, por ejemplo, con una profundidad de 2 a 5 m. En este caso actúa una presión hidrostática propulsora elevada sobre la sal fundida en el bucle solar. La penetración y el ascenso de gases del solapamiento de gases del recipiente de vaciado en contra de la dirección de flujo y vaciado se pueden evitar mediante una introducción inmersa de la sal fundida a través de un tubo de inmersión en el recipiente de vaciado. Para que la columna de líquido no se rompa durante la corriente es necesario que en cada punto de la columna de líquido exista una presión absoluta que es mayor que la presión de vapor de la sal fundida. Por ejemplo, la presión en la sal fundida se puede ajustar mediante una alta resistencia de flujo en proximidad del recipiente de vaciado o en el tubo de inmersión al interior del recipiente de vaciado. Para ello, por ejemplo, se pueden instalar placas de impacto o sistemas de desviación al final del tubo de inmersión que además tienen la ventaja de que se reduzca una corrosión erosiva en la pared de recipiente.

Al utilizar el sistema de tubería en un campo solar de una central solar, en particular en un campo solar de una central solar de canales parabólicos o una central de Fresnel, la sal fundida contiene preferiblemente al menos un nitrito o al menos un nitrato de los metales alcalinos o metales alcalinotérreos. Son preferibles nitrito o nitrato del sodio, potasio o calcio o cualquier mezcla de estas sales. De manera especialmente preferible se utiliza una mezcla de nitrato de sodio y nitrato de potasio en una proporción de 60:40. Además, es especialmente preferible una mezcla de nitrito y nitrato de potasio y sodio en cualquier mezcla, la denominada sal de nitrito. Además de esta denominada sal solar se pueden utilizar también otras sales cualesquiera con un alto punto de fusión adecuadas como portadores de calor. Un alto punto de fusión en el marco de la presente invención significa una temperatura de fusión de al menos 100 °C. Además, es preferible cuando la sal también sea térmicamente estable por encima de temperaturas de 470 °C.

Ejemplos de realización de la invención se representan en las figuras y se explican en más detalle en la siguiente descripción.

Muestran:

La figura 1 un campo solar de una central solar de canales parabólicos con un recipiente de vaciado de acuerdo con el estado de la técnica,

La figura 2 un bucle solar de una central solar con un dispositivo de vaciado de acuerdo con la invención,

La figura 3 un tramo inicial y un tramo final de un bucle solar,

La figura 4 un campo solar de una central solar de canales parabólicos con un sistema de tubería segmentado.

La figura 1 muestra un campo solar de una central solar de canales parabólicos con un recipiente de vaciado de acuerdo con el estado de la técnica.

Un campo solar 1 de una central solar de canales parabólicos tiene varios bucles solares 3. Los bucles solares 3 se forman en cada caso a partir de una tubería 5 a través de la que fluye un portador de calor. Como portador de calor se utiliza de acuerdo con la invención una sal fundida, preferiblemente una sal solar, es decir, mezcla de nitrato de potasio y nitrato de sodio en una proporción de 40:60, o como eutéctico con una proporción de mezclado de 44:56, o sal de nitrito.

En bucles solares 3 se calienta el portador de calor mediante energía solar irradiante. Para ello, las tuberías 5 están rodeadas por segmentos por un tubo de vidrio. El espacio entre la tubería 5 y el tubo de vidrio 7 se evacua. Por debajo de los tubos de vidrio 7 se encuentra además un canal parabólico en el que luz solar irradiante se refleja y se conduce sobre el tubo de vidrio 7. Debido a la radiación incidente sobre el tubo de vidrio 7 se conduce calor al portador de calor que fluye a través de la tubería 5, por lo que se calienta el portador de calor.

El portador de calor que fluye a través de las tuberías 5 de los bucles solares 3 fluye al interior de un colector 9 y, desde el colector 9, adicionalmente al interior de un tubo de evacuación de portador de calor 11. El portador de calor que fluye a través del tubo de evacuación de portador de calor 11 se conduce habitualmente al interior de un intercambiador de calor en el que éste disipa calor a un circuito de vapor con el que, por ejemplo, se operan turbinas para la generación de corriente. El portador de calor enfriado que sale del intercambiador de calor se conduce a través de un tubo de alimentación de portador de calor 13 al interior de un elemento de distribución 15 y, desde el elemento de distribución 15, se conduce al interior de las tuberías 5 de los bucles solares 3.

Para poder vaciar las tuberías de la central solar en tiempos de parada está previsto un recipiente de vaciado 17. El recipiente de vaciado 17 está conectado a este respecto con el elemento de distribución 15 y el colector 9. La sal fundida se desplaza al interior del recipiente de vaciado 17 a través del colector 9 y el elemento de distribución 15.

Para evitar, en el caso de un daño del recipiente de vaciado 17, que sal fundida salga y se distribuya de forma no controlada hacia el entorno, el recipiente de vaciado 17 está rodeado preferiblemente por una cubeta 19, correspondiendo la capacidad volumétrica de la cubeta 19 al volumen del recipiente de vaciado 17.

En la figura 2 se representa a modo de ejemplo un bucle solar con un sistema de tubería configurado de acuerdo con la invención.

5 El bucle solar 3 tiene una tubería 5 que está diseñada fundamentalmente en forma de u y que está unida con un brazo con el colector 9 y con el segundo brazo con el elemento de distribución 15. La unión de la tubería 5 con el colector 9 o con el elemento de distribución 15 se realiza mediante tubos de unión 21.

10 De acuerdo con la invención, la tubería 5 tiene una pendiente inclinada con respecto a la horizontal. La pendiente está situada a este respecto preferiblemente en el intervalo de un 0 a un 1 %. En una forma de realización, la pendiente está situada preferiblemente en el intervalo de un 0,1 a un 0,5 %, de manera especialmente preferible en el intervalo de un 0,2 a un 0,4 %. En una forma de realización alternativa, la pendiente está situada en el intervalo de un 0 a un 0,3 %, preferiblemente en un intervalo de un 0,01 a un 0,2%. La pendiente de la tubería 5 se extiende a este respecto en cada caso desde una válvula de ventilación 23 hasta una válvula de vaciado 25. En la forma de realización representada en este caso, cada uno de los brazos de la tubería 5 en forma de u está unido con una válvula de vaciado 25. La válvula de vaciado 25 cierra o abre una unión de la tubería 5 y del tubo de unión 21 con un conducto de vaciado 27. En el funcionamiento normal, la válvula de vaciado 25 está cerrada. Los conductos de vaciado 27 desembocan en un recipiente de vaciado 17 que está diseñado con tal tamaño que se puede alojar toda la sal fundida contenida en la tubería 5.

15 El recipiente de vaciado 17 está equipado con una válvula de aireación 29 que se abre cuando la tubería 5 se vacía. De este modo se evita un establecimiento de presión en el recipiente de vaciado 17. Para poder vaciar el recipiente de vaciado 17 cuando sea necesario, éste tiene además una válvula de descarga 31.

20 Las válvulas utilizadas, es decir, la válvula de ventilación 23, las válvulas de vaciado 25, las válvulas de aireación 29 y la válvula de descarga 31 pueden adoptar cualquier forma. Así, por ejemplo, se pueden utilizar válvulas rotativas, válvulas de compuerta, puertas y grifos. Además, en el marco de la presente invención se entienden por la válvula también compuertas y puertas que sólo se pueden conectar entre una posición abierta y una posición cerrada. Sin embargo, preferiblemente se utilizan válvulas con las que también se puede controlar el caudal, es decir, que además de la posición "abierto" y "cerrado" también pueden realizar cualquier sección transversal de abertura alternativa.

25 En el funcionamiento normal de la central solar, la válvula de ventilación 23 también puede servir como válvula de aireación, por ejemplo, para poder evacuar gases inertes de la masa fundida solar. Para ello, además de la válvula de ventilación 23 está previsto preferiblemente un separador de fases 33. En el separador de fases 33, el gas de la sal fundida se separa y entonces se puede evacuar a través de la válvula 23.

30 En el funcionamiento normal, la válvula de ventilación 23 y las válvulas de vaciado 25 están cerradas. La sal fundida fluye desde el elemento de distribución 15 al interior de la tubería 5 y se calienta en los receptores formados por los tubos de vidrio 7 y los espejos de canal parabólico. La masa fundida solar así calentada fluye entonces por el segundo tubo de unión 21 y el colector 9 al interior de un intercambiador de calor en el que se disipa el calor a un circuito de vapor conectado.

35 En caso de un funcionamiento defectuoso de la instalación o en caso de una pérdida de energía, por ejemplo, debido a una interrupción de corriente eléctrica o también en caso de un vaciado deseado, se abre la válvula de ventilación 23. Al mismo tiempo se cierran la válvula colectora 35 y la válvula distribuidora 37 de modo que ya no puede llegar sal fundida desde el colector 9 o desde el elemento de distribución 15 por los tubos de unión 21 al interior de la tubería 5. Además, las válvulas de vaciado 25 se conectan de modo que se abre la unión de la tubería 5 al interior del conducto de vaciado 27. Debido a la pendiente de la tubería 5, la sal fundida desde la tubería 5 se vierte propulsada por la gravedad al interior del recipiente de vaciado 17 a través de un tubo de inmersión 41. Para facilitar el proceso de vaciado es posible aplicar en la válvula de ventilación 23 un gas comprimido para presionar mediante la presión aplicada la sal fundida de la tubería 5 al interior del recipiente de vaciado. De forma adicional o alternativa es también posible evacuar el recipiente de vaciado 17 para acelerar adicionalmente el proceso de vaciado.

40 Cuando el recipiente de vaciado 17 no está evacuado se abre la válvula de aireación 29 para que gas contenido en el recipiente de vaciado 17 pueda salir durante el proceso de vaciado para que no se establezca una presión en el recipiente de vaciado 17.

45 Para volver a arrancar el bucle solar tras un vaciado se cierra en primer lugar la válvula de aireación 29. A continuación, las válvulas de vaciado 25 se conectan de modo que la sal fundida puede fluir desde el recipiente de vaciado 17 de vuelta al interior de la tubería 5. A continuación se proporciona a través de una válvula de ventilación 39 un gas comprimido sobre el recipiente de vaciado 17. A este respecto, por ejemplo, el gas comprimido es aire comprimido, aire sintético, aire depurado de CO<sub>2</sub> o un gas inerte, por ejemplo, nitrógeno, en función de la sal utilizada. Aire comprimido sólo se puede utilizar cuando no se realiza una reacción química con los componentes de la sal con componentes del aire.

50 Mediante la aplicación del gas comprimido a través de la válvula de ventilación 39 al interior del recipiente de vaciado 17 se establece una presión en el recipiente de vaciado 17. La presión que se está estableciendo propulsa

5 el portador de calor contenido en el recipiente 17 a través del tubo de inmersión 41, que actúa como tubo ascendente, al interior de los conductos de vaciado 27 y, desde allí, a través de las válvulas de vaciado 25 de vuelta al interior de la tubería 5. A este respecto, las válvulas de vaciado 25 se abren lentamente al inicio del proceso de llenado. Al final esperado del proceso de llenado, las válvulas 25 se vuelven a cerrar lentamente. El final real del proceso de llenado se busca, dado el caso, con la menor corriente en el funcionamiento pulsado. La parada de llenado se desencadena mediante un detector de fase 43 en el extremo del tubo de inmersión 41. Al finalizar el proceso de llenado se cierra la válvula de ventilación 23. Además, también se cierran las válvulas de vaciado 25 de modo que la corriente se realiza ahora desde la tubería 5 por los tubos de unión 21 hasta el colector 9 y el elemento de distribución 15. Para iniciar el funcionamiento se abren entonces también la válvula colectora 35 y la válvula distribuidora 37. Gas que se encuentra en la tubería se arrastra con el flujo de sal y se evacua mediante la separación de gas inerte que se realiza mediante el separador de fases 33 y la válvula de ventilación 23.

10 Cuando en el recipiente de vaciado 17 se encuentra demasiado sal se puede descargar la cantidad excedente al circuito de sal entregando gas comprimido a través de la válvula de ventilación 39 y abriendo una de las válvulas de vaciado 25 con la válvula colectora 35 o la válvula distribuidora 37 abierta y la válvula de ventilación 23 cerrada al mismo tiempo.

15 La velocidad con la que fluye la sal fundida a través de las tuberías 9, 15, 21 y 5 se puede controlar mediante el grado de apertura de las respectivas válvulas 35, 37.

20 De forma alternativa a la alimentación de la sal fundida desde el recipiente de vaciado 17 aplicando aire comprimido es también posible utilizar una bomba de inmersión. La bomba de inmersión también se puede usar adicionalmente a la aplicación de aire comprimido.

25 Las válvulas de vaciado 25 y la válvula de ventilación 23 están configuradas preferiblemente como válvulas con un funcionamiento intrínsecamente seguro y están conectadas de modo que éstas se abren en cada caso con un funcionamiento defectuoso de modo que la sal fundida contenida en la tubería 5 puede salir fluyendo al interior del recipiente de vaciado 17. El llenado y el vaciado en cada caso de un bucle solar 3 al interior de un recipiente de vaciado 17 permiten un llenado y un vaciado rápidos de los bucles solares 3 de modo que se puede realizar un vaciado nocturno y un llenado matinal del sistema de conductos con una alta seguridad funcional.

30 Un aumento de la seguridad funcional existe cuando se prevé un sistema de calefacción adecuado en las tuberías. Para el calentamiento es posible, por ejemplo, conducir un conductor calefactor en el interior de la tubería. En este caso, la sal dentro de la tubería se funde en primer lugar en el conductor calefactor y forma un canal a través del que se puede evacuar sal fundida. De este modo se evita que debido a la expansión de volumen de la sal fundida se ejerzan presiones demasiado elevadas sobre la tubería 5. Una distribución de temperatura uniforme a lo largo del conductor calefactor conduce además a que la sal alrededor del conductor calefactor se funda al mismo tiempo por toda la longitud de la tubería 5 y así también se forme un canal a través del que puede fluir sal fundida y así se puede compensar la presión.

35 Un sobrecalentamiento de la sal fundida en la tubería se evita al utilizarse un dispositivo de desenfoque en la calidad de seguridad de los colectores.

En la figura 3 se representa esquemáticamente el extremo en el lado de la alimentación y el extremo provisto de la válvula de ventilación de un bucle solar.

40 Para poder controlar siempre de manera óptima la central solar, los receptores individuales están dispuestos preferiblemente de manera móvil de modo que los espejos parabólicos pueden captar óptimamente la energía de radiación del sol. Para ello, las tuberías de los receptores individuales tienen que ser pivotantes. Para posibilitar esto están instalados conductos flexibles 45 entre las tuberías móviles de los receptores y conexiones instaladas fijamente tales como colectores, elementos de distribución, y el conducto de vaciado 27. Los conductos flexibles 45 están diseñados a este respecto de modo que éstos tienen una pendiente desde la válvula de ventilación 23 hasta el conducto de vaciado 27 para que la sal fundida pueda salir.

45 En la figura 3 se muestra con líneas discontinuas una segunda posición de las tuberías.

La válvula de ventilación 23 y el conducto de vaciado 27 están fijados en la forma de realización representada en la figura 3 y las tuberías situadas entre el conducto de vaciado 27 y la válvula de ventilación 23 están diseñadas de forma pivotante. El pivotamiento se muestra mediante las flechas 47.

50 Un campo solar, en el que está segmentado el sistema de tubería, se representa en la figura 4.

55 En la forma de realización representada en la figura 4 están juntados en cada caso 5 bucles solares 3 de modo que forman un segmento 49. Con cada segmento 49 está asociado a este respecto un recipiente de vaciado 17 en el que desembocan los conductos de vaciado 27 de los respectivos bucles solares 3. A este respecto, los conductos de vaciado 27 de un bucle solar 3 se juntan en un tubo colector 51 que entonces desemboca en el recipiente de vaciado 17. El tamaño del recipiente de vaciado 17 se elige a este respecto de modo que la sal fundida de todos los bucles solares 3 de un segmento 45 se puede alojar por el recipiente de vaciado 17. El número de los bucles solares



3 que están asociados con un recipiente de vaciado 17 se elige a este respecto de modo que se puede realizar un vaciado de todo el campo solar en un tiempo previamente establecido. A este respecto cabe tener en cuenta que el tiempo de vaciado es mayor cuanto mayor es el número de bucles solares 3 que se tienen que vaciar en un recipiente 17.

5 **Lista de números de referencia**

|    |    |   |
|----|----|---|
|    | 1  | Campo solar                                   |
|    | 3  | Bucle solar                                   |
|    | 5  | Tubería                                       |
|    | 7  | Tubo de vidrio                                |
| 10 | 9  | Colector                                      |
|    | 11 | Conducto de evacuación de portador de calor   |
|    | 13 | Conducto de alimentación de portador de calor |
|    | 15 | Elemento de distribución                      |
|    | 17 | Recipiente de vaciado                         |
| 15 | 19 | Cubeta  |
|    | 21 | Tubo de unión                                 |
|    | 23 | Válvula de ventilación                        |
|    | 25 | Válvula de vaciado                            |
|    | 27 | Conducto de vaciado                           |
| 20 | 29 | Válvula de aireación                          |
|    | 31 | Válvula de descarga                           |
|    | 33 | Separador de fases                            |
|    | 35 | Válvula colectora                             |
|    | 37 | Válvula distribuidora                         |
| 25 | 39 | Válvula de ventilación                        |
|    | 41 | Tubo de inmersión                             |
|    | 43 | Detector de fase                              |
|    | 45 | Conducto flexible                             |
|    | 47 | Zona de pivotamiento                          |
| 30 | 49 | Segmento                                      |
|    | 51 | Conducto colector                             |

## REIVINDICACIONES

1. Sistema de tubería para el transporte de una sal fundida en una central solar de canales parabólicos o una central de Fresnel, que comprende al menos una tubería (5) a través de la que fluye la sal fundida, al menos un conducto de alimentación y al menos un conducto de evacuación, **caracterizado porque** la tubería (5) a través de la que fluye la sal fundida tiene al menos una pendiente inclinada con respecto a la horizontal y que está conectada en cada caso en las posiciones más bajas a través de una válvula de vaciado (25) con un conducto de vaciado (27) y en las posiciones más altas con una válvula de ventilación (23).
2. Sistema de tubería de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** cada válvula de vaciado (25) y cada válvula de ventilación (23) es una válvula con un funcionamiento intrínsecamente seguro que se abre cuando se produce una situación que requiere un vaciado.
3. Sistema de tubería de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** la tubería (5) está diseñada como bucle en forma de u, estando el conducto de alimentación y el conducto de evacuación dispuestos en cada caso en los extremos de brazo del bucle en forma de u, estando la válvula de ventilación (23) dispuesta preferiblemente de forma céntrica entre el conducto de alimentación y el conducto de evacuación en la tubería (5).
4. Sistema de tubería de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** la válvula de ventilación (23) está conectada con un conducto de gas comprimido.
5. Sistema de tubería de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** están comprendidas al menos dos tuberías (5) que en cada caso tienen una pendiente inclinada con respecto a la horizontal y que en cada caso están conectadas en las posiciones más bajas a través de una válvula de vaciado (25) con un conducto de vaciado (27) y en las posiciones más altas con una válvula de ventilación (23).
6. Sistema de tubería de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el conducto de vaciado (27) desemboca en un recipiente de vaciado (17), teniendo el recipiente de vaciado (17) preferiblemente un volumen que corresponde al menos al volumen de todas las tuberías (5) que desembocan a través de los respectivos conductos de vaciado (27) en el recipiente de vaciado (17).
7. Sistema de tubería de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** el recipiente de vaciado (17) está evacuado.
8. Sistema de tubería de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, **caracterizado porque** el recipiente de vaciado (17) comprende un tubo de inmersión (41) a través del que se vacía la sal fundida desde la tubería (5) al interior del recipiente de vaciado (17), en el que, preferiblemente, en el extremo del tubo de inmersión (41) está dispuesto un detector de fase (43).
9. Sistema de tubería de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** el sistema de tubería está segmentado, teniendo cada segmento (49) al menos dos tuberías (5) y estando asociado con cada segmento (49) un recipiente de vaciado.
10. Sistema de tubería de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** la tubería (5) comprende al menos un tramo flexible (45) que permite un movimiento de la tubería (5), estando el tramo flexible (45) diseñado de modo que la tubería (5) tiene también en la zona del tramo flexible (45) una pendiente de la válvula de ventilación (23) en la dirección de la válvula de vaciado (25).
11. Sistema de tubería de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** la sal fundida contiene al menos un nitrito o al menos un nitrato del sodio, potasio o calcio o cualquier mezcla de estas sales.
12. Procedimiento para vaciar un sistema de tubería para el transporte de una sal fundida en una central solar de canales parabólicos o una central de Fresnel de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, en el que para el vaciado se abren las válvulas de vaciado (25) y la válvula de ventilación (23) de modo que la sal fundida puede salir de la tubería (5) a través del conducto de vaciado (27).
13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado porque** el sistema de tubería se vacía cuando la presión, la temperatura y/o el caudal volumétrico de la sal fundida a través de la tubería se diferencian en más de una tolerancia previamente establecida con respecto a un valor teórico previamente establecido o cuando se debe realizar un vaciado manual o un vaciado automático debido al funcionamiento de la tubería.
14. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12 o 13, **caracterizado porque** con un vaciado a través de la válvula de ventilación (23) se introduce un gas bajo presión en la tubería (5), siendo el gas bajo presión preferiblemente nitrógeno, aire sintético, aire depurado de CO<sub>2</sub> o aire.
15. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 14, **caracterizado porque** la presión en la sal fundida se ajusta mediante una resistencia de flujo elevada en proximidad del recipiente de vaciado o en el tubo de inmersión al interior del recipiente de vaciado de modo que en cada punto de la columna de líquido existe una presión absoluta que es mayor que la presión de vapor de la sal fundida.

FIG.1

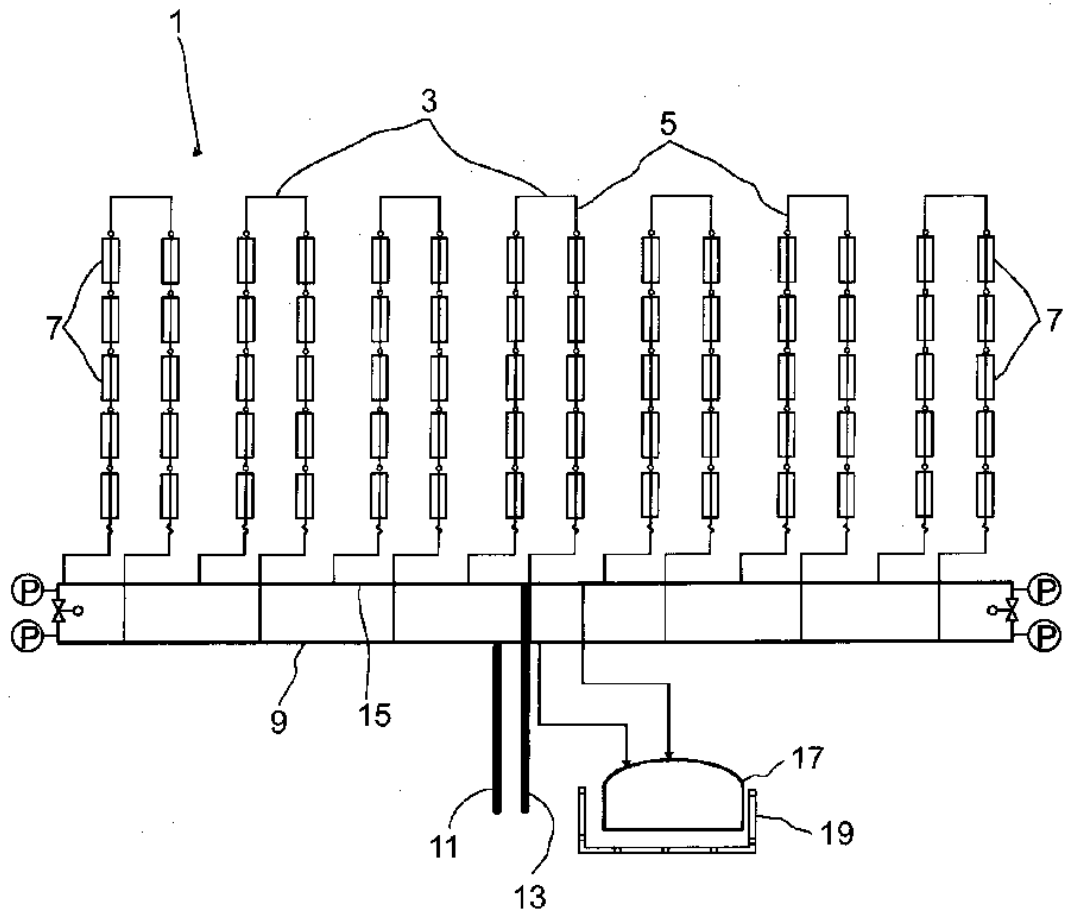


FIG.2

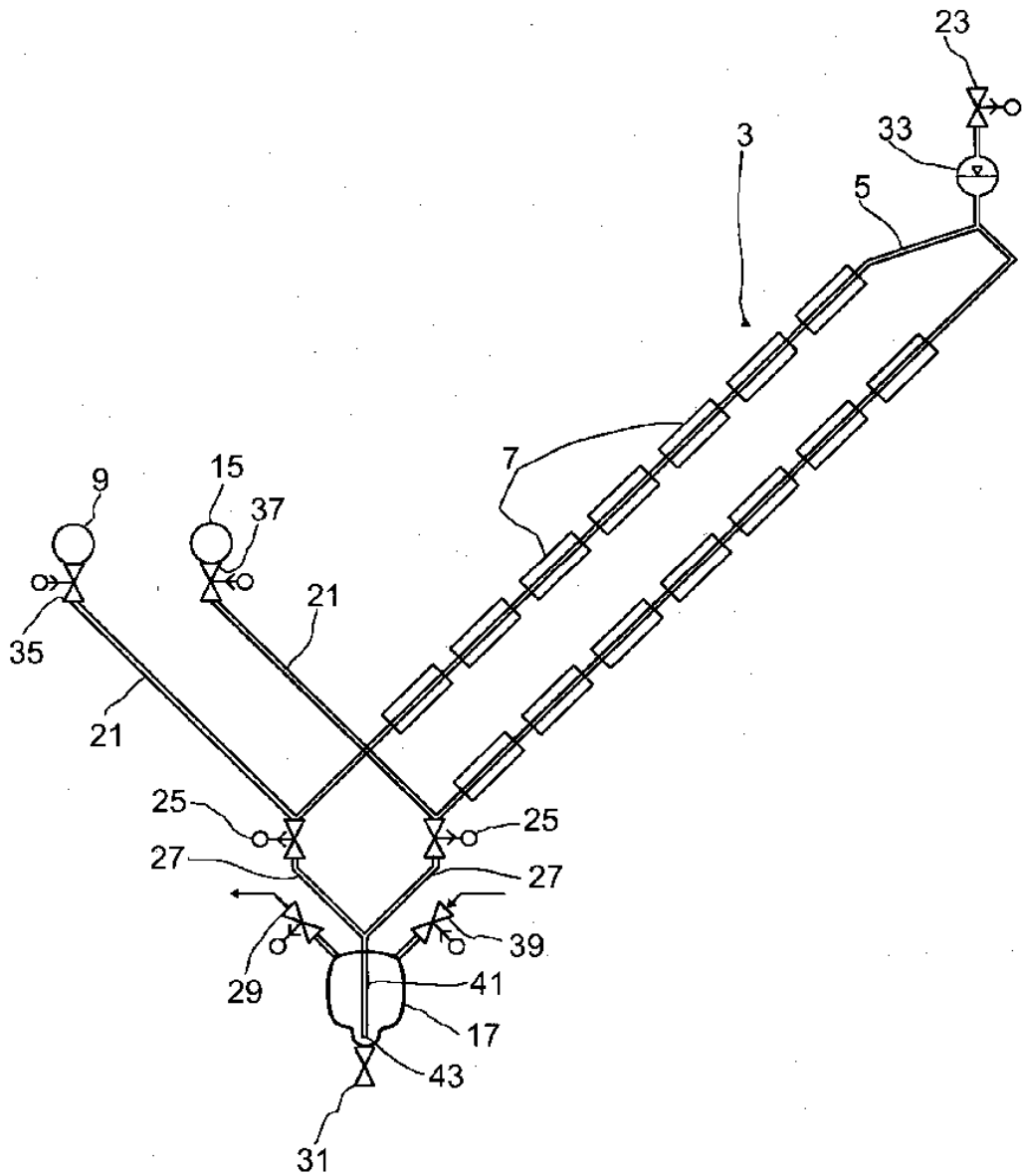


FIG.3

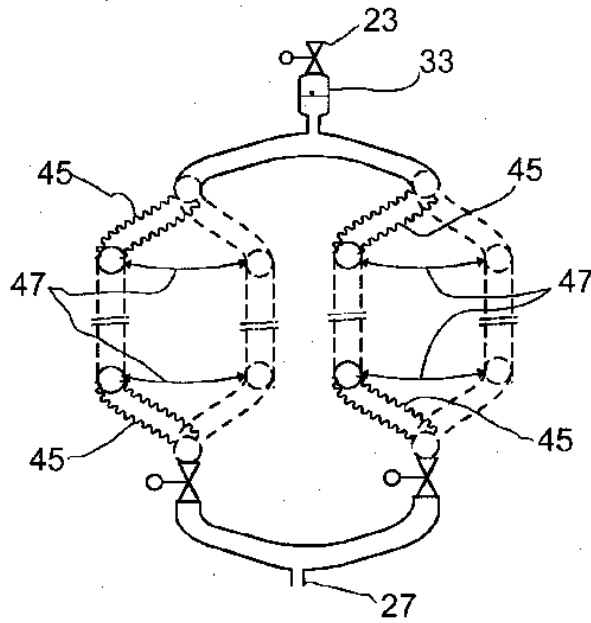


FIG.4

