

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 983 096**

21 Número de solicitud: 202330228

51 Int. Cl.:

F22B 1/00

(2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

17.03.2023

43 Fecha de publicación de la solicitud:

21.10.2024

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

08.05.2025

Fecha de concesión:

23.05.2025

45 Fecha de publicación de la concesión:

30.05.2025

73 Titular/es:

SOLATOM SCP, S.L. (100.00%)

Pedro Duque 7

46022 Valencia (Valencia) ES

72 Inventor/es:

FRASQUET HERRAIZ, Miguel;

TERRUZZI, Carlo;

MARTINEZ SANZ, Juan y

VILLALBA VAN DIJK, Raúl

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN DE VAPOR CON INSTALACIÓN SOLAR**

57 Resumen:

La invención describe un sistema híbrido de generación de vapor que comprende una caldera pirotubular (2), un tanque de condensados (1) encargado de suministrar agua a la caldera pirotubular (2), una instalación solar (4) que comprende al menos un captador solar, un colector de distribución (3) mediante el que se extrae el vapor generado del sistema, un conducto de entrada (11) que conecta hidráulicamente la caldera pirotubular (2) con el tanque de condensados (1), un conducto de salida (13) que conecta hidráulicamente la caldera pirotubular (2) con el colector de distribución (3), donde la caldera pirotubular (2) comprende un conducto de circulación (12) que conecta hidráulicamente una entrada y una salida de la caldera pirotubular (2) con los captadores solares de la instalación solar (4), y un difusor térmico (14), alojado en la caldera pirotubular (2) y conectado hidráulicamente con el conducto de circulación (12).

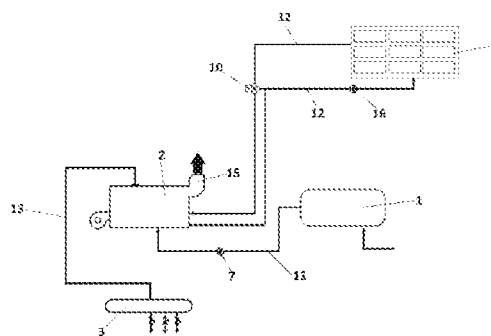


FIG. 3

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015.
Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

ES 2 983 096 B2

DESCRIPCIÓN

SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN DE VAPOR CON INSTALACIÓN SOLAR**5 OBJETO DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a un sistema de generación de vapor, para su uso en procesos industriales, mediante una caldera pirotubular conectada a una instalación de energía solar térmica, en el que se sustituye el depósito separador de vapor y el equipo
10 hidráulico de recirculación, por un difusor térmico instalado en el interior de la caldera pirotubular.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 Las instalaciones de generación de vapor mediante energía solar térmica conocidas consisten básicamente en un depósito separador de vapor al que se le conecta un circuito de condensados y una instalación solar térmica. El circuito de condensados alimenta con agua de aporte el depósito separador de vapor. De este se extrae agua líquida en condiciones cercanas a la saturación. Esta agua se bombea a la instalación solar térmica donde, a lo largo
20 del recorrido por la instalación solar, absorbe la energía solar y se lleva a cabo un proceso de ebullición. A la salida de la instalación solar térmica el agua está parcialmente convertida en vapor, formando una mezcla agua-vapor llamada vapor húmedo. Este vapor húmedo se lleva al depósito separador de vapor donde el agua, en fase líquida, ocupa la parte inferior y el vapor, en estado gaseoso, ocupa la parte superior. El vapor en el interior del depósito
25 separador puede entonces suministrarse a la red de vapor del consumidor en forma de vapor saturado. El suministro de vapor se realiza mediante el accionamiento de una válvula de descarga.

Como se ha mencionado antes, en estas instalaciones, a la salida de la instalación solar
30 térmica el agua está en forma de vapor húmedo. El vapor húmedo es vapor con una cantidad significativa de agua en fase líquida. En estas condiciones, el vapor pierde eficiencia en la transferencia de calor y causa erosión en las tuberías y daños en el equipamiento hidráulico, por lo que no puede suministrarse a la red de vapor de una fábrica o instalación industrial. Es por ello por lo que este vapor húmedo necesita separar su contenido de agua, en fase líquida,
35 del contenido de vapor, en estado gaseoso, en el depósito separador de vapor.

Adicionalmente, las pérdidas térmicas en las tuberías que conectan la instalación solar térmica con el depósito separador de vapor, el equipamiento hidráulico requerido para la correcta operación del sistema, y el propio depósito separador de vapor, hacen que el rendimiento del proceso completo sea reducido.

5

Además, la complejidad de la instalación hidráulica requerida para realizar la separación del agua y el vapor hace que estos sistemas sean muy costosos y de difícil mantenimiento.

10

Debido a la naturaleza variable de la radiación solar, las instalaciones de generación de vapor mediante energía solar térmica se instalan en paralelo con las calderas existentes en la fábrica. Las calderas habitualmente usadas en las fábricas para la producción de vapor son calderas pirotubulares, que consisten en un quemador que desprende la llama en un hogar de forma cilíndrica donde se generan los humos de combustión. Dichos humos de combustión se hacen circular por un haz de tubos hasta salir de ella por una chimenea. Todo el cuerpo del hogar, así como del haz de tubos están sumergidos en el agua, que sufre un proceso de calentamiento hasta ebullición y genera el vapor saturado que finalmente se suministra en la red de vapor de la fábrica.

15

20

La presente invención mejora el rendimiento y simplifica las instalaciones de generación de vapor mediante caldera y energía solar térmica eliminando el equipo hidráulico, las tuberías de conexión y el depósito separador de vapor, al realizar la separación del vapor en el interior de la caldera pirotubular existente en fábrica, mediante un difusor térmico y un sistema de control. Con esta invención se habilita el funcionamiento híbrido de la caldera pirotubular existente en fábrica, con las mejoras que esto conlleva según se detallará más adelante, y pudiendo esta operar únicamente con el quemador y la instalación solar térmica o únicamente con la instalación solar térmica.

25

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

30

El sistema híbrido de generación de vapor de la invención, además de un tanque de condensados para la alimentación de la caldera con agua y de un circuito hidráulico que conecta los diferentes componentes, comprende los siguientes elementos:

- una caldera pirotubular de vapor con un quemador alimentado con energía exterior;
- una instalación solar térmica para producir vapor mediante captadores solares con o sin concentración, y que, además de los captadores solares, incluye los elementos

35

necesarios para el control y monitorización con precisión del funcionamiento de la instalación,

- un difusor térmico para inyectar el vapor húmedo proveniente de la instalación solar térmica en el interior del cuerpo de la caldera pirotubular y separar el vapor del líquido en la caldera, y
- un sistema de control que permite adaptar el aporte de vapor proveniente de la instalación solar térmica en el interior de la caldera pirotubular para mantener estables las condiciones en el interior de esta.

5

10 El circuito hidráulico de la instalación solar térmica preferiblemente incorpora una bomba de recirculación con un baipás que, según la posición en la que se encuentre, permite la circulación de agua líquida saturada desde la caldera o, alternativamente, recircular el fluido de la instalación solar, sin pasar por la caldera, para precalentar el agua del circuito solar durante el arranque.

15

Los instrumentos más importantes en la instalación solar para el control del sistema son las sondas de temperatura a la entrada y a la salida del circuito hidráulico, junto con el caudalímetro y las sondas de presión. La invención también incorpora una estación de medida de variables atmosféricas incluyendo radiación solar, velocidad del viento, temperatura ambiente y humedad relativa ambiente. Al funcionar en conjunto, estos equipos permiten conocer con precisión el funcionamiento instantáneo de la instalación solar térmica, la cantidad de vapor generado por esta y el aporte que debe ser inyectado en la caldera pirotubular a través del difusor térmico.

20

25 La medición de la energía generada por la instalación solar térmica se lleva a cabo registrando el caudal líquido circulante mediante el caudalímetro, en paralelo con la medición de las temperaturas de entrada y salida de la instalación solar térmica. La medición de la energía proveniente del quemador de la caldera pirotubular se lleva a cabo teniendo en cuenta el caudal másico y el poder calorífico del combustible, así como las especificaciones de rendimiento del quemador.

30

En cualquier caso, los cálculos termodinámicos necesarios para calcular información a partir de variables como masas, volúmenes, flujos y demás, son conocidos en el estado de la técnica y un experto en la materia tiene conocimiento suficiente para poder aplicar estos conocimientos.

35

Entre los conductos hidráulicos conectados a la caldera pirotubular se encuentra:

- un conducto de entrada de agua de alimentación proveniente del tanque de condensados,
- 5 - un conducto de salida de vapor, o línea de vapor, hacia el colector de distribución,
- un conducto de circulación para la entrada y salida de fluido a la instalación solar térmica.

10 Por su parte, la línea de vapor representa la conexión de la caldera pirotubular con el colector de distribución que, a su vez, conecta con la fábrica o instalación industrial a la que se le entrega el vapor, asegurándose que se mantiene un nivel de presión y título de vapor adecuado al nivel de calidad que se espera.

15 El circuito hidráulico que une la caldera pirotubular con la instalación solar térmica incorpora un conducto de circulación. Este conducto de circulación, de forma preferente, incorpora una válvula baipás regulable de forma que, cuando el baipás está activado, la válvula recircula el fluido de la instalación solar mientras que, cuando está desactivado, el fluido de la instalación solar entra en la caldera y se vuelve a extraer en fase líquida para circular por la instalación solar. Esta configuración permite, por un lado, garantizar la seguridad del sistema al desviar
20 el aporte de energía solar evitando su entrada en la caldera y, por otro lado, regular la entrada de fluido de la instalación solar térmica para mantener el nivel de agua de la caldera pirotubular dentro de los rangos operativos. Además, el baipás permite calentar el agua de la instalación solar térmica durante el arranque del sistema para poner la instalación solar térmica en condiciones de operación.

25 El conducto de circulación conecta la instalación solar con la caldera directamente a través de un difusor térmico alojado en el interior de la caldera. Este difusor térmico tiene el objetivo de inyectar de manera homogénea el vapor húmedo generado en la instalación solar, en el interior del volumen de agua de la caldera.

30 El difusor térmico se sitúa por debajo de la lámina libre de agua, encontrándose siempre sumergido, en la parte superior o inferior del cuerpo de caldera en función de la geometría de la caldera pirotubular.

35 El difusor térmico preferentemente tiene forma cilíndrica y dos líneas de orificios alargados formando 45° con respecto al eje del cilindro. El vapor húmedo se mezcla con el volumen

interior de agua de la caldera pirotubular a través de estos orificios. La geometría de los orificios favorece la nucleación de burbujas, contribuyendo a la separación de vapor con respecto al agua.

5 La cantidad de vapor húmedo proveniente de la instalación solar térmica que se inyecta a través del difusor viene regulada por un sistema de control. Este sistema de control varía la posición de la válvula de control en función de una serie de variables de entrada, o inputs de control, variables internas y variables de salida.

10 Las variables de entrada son las variables medidas que se utilizan como parámetros de entrada del sistema de control. Debido a la complejidad de la invención, hay muchas variables que afectan al funcionamiento del sistema. Las variables de entrada se pueden clasificar en internas y externas, según correspondan a puntos del sistema o a las condiciones ambientales.

15 Las variables internas se corresponden con las condiciones internas de la fábrica, las más relevantes son:

- Caudal en la salida de vapor húmedo.
- Presión y niveles de temperatura en la caldera pirotubular.
- 20 - Nivel del líquido en la caldera pirotubular.
- Presión y niveles de temperatura en la instalación solar térmica.
- Presión en aspiración e impulsión de las bombas.

25 Las variables externas se corresponden con las condiciones ambientales, donde las más relevantes son:

- Radiación solar directa normal y radiación global horizontal.
- Temperatura ambiente (bulbo seco).
- Velocidad de viento y dirección.
- Humedad relativa.

30 Las variables internas son recogidas por un PLC de forma automática a la vez que se realizan una serie de cálculos para obtener unas variables intermedias. Las variables intermedias son necesarias para predecir el estado completo del sistema. Las variables intermedias se tienen que calcular, ya que no es posible medirlas directamente. Para realizar estos cálculos se lleva
35 a cabo el balance de masas y energía en cada uno de los siguientes subsistemas:

- Instalación solar térmica.

- Quemador de la caldera pirotubular.
- Interior del volumen líquido de la caldera pirotubular.
- Salida de vapor de la caldera pirotubular.

5 Las variables de salida son las variables que actúan sobre el sistema. Estas variables son el resultado de la lógica de control, y son las responsables de la actuación sobre válvulas, bombas y el resto de equipo, en cada uno de los modos de operación. Entre los modos de operación, los más importantes son los siguientes:

- 10 - Arranque automático: Si ambas medidas de radiación solar (directa normal y global horizontal) superan el umbral mínimo, arranca la bomba de recirculación y enfoca los espejos de la instalación solar para empezar el calentamiento. También funciona de forma contraria de forma que, cuando baja la radiación solar por debajo del umbral mínimo, la instalación solar térmica desenfoca los espejos y, cuando no hay radiación incidente en el tubo absorbedor, el funcionamiento de la bomba se interrumpe. Al
- 15 umbral de radiación se le incorpora una histéresis para evitar la parada de la instalación solar térmica durante el paso transitorio de nubes.
- Recirculación: Mientras que las condiciones de presión y temperatura en la instalación solar térmica no permitan la inyección del vapor húmedo en la caldera pirotubular o las condiciones en el interior de la caldera no permiten la inyección de más vapor, la salida
- 20 de la instalación solar térmica se recircula por la válvula de baipás.
- Inyección en caldera: Cuando las condiciones de presión y temperatura en la instalación solar térmica alcanzan las condiciones de inyección, se desactiva la válvula de baipás, conectando la caldera con la instalación solar. A partir de ese momento, la válvula de baipás modula la inyección en el interior de la caldera en función de la
- 25 cantidad de energía solar disponible y la descarga de vapor de la caldera pirotubular. Para ello, el sistema de control calcula la cantidad de energía absorbida y concentrada por la instalación solar térmica, y calcula el estado del volumen líquido en el interior de la caldera pirotubular teniendo en cuenta la descarga de vapor de la caldera. La válvula de baipás se regula entonces para que el nivel del volumen líquido en el interior de la
- 30 caldera pirotubular permanezca en el rango de funcionamiento óptimo.
- Operación solo solar: Este modo de operación ocurre cuando la energía aportada por la instalación solar térmica en forma de vapor húmedo es suficiente para compensar la descarga de vapor de la caldera sin que el quemador esté en funcionamiento. En este modo de operación la caldera pirotubular tiene únicamente una fuente de energía,
- 35 que es la instalación solar térmica.

- Operación híbrida: Este modo de operación ocurre cuando la energía aportada por la instalación solar térmica, en forma de vapor húmedo, no es suficiente para compensar la descarga de vapor de la caldera, por lo que el quemador está en funcionamiento para evitar una pérdida de presión en la caldera. En este modo de operación la caldera pirotubular tiene dos fuentes de energía simultaneas, el quemador de combustible fósil y la instalación solar térmica.
- Operación solo fósil: Este modo de operación ocurre cuando no existe aporte ninguno de la instalación solar térmica. En este modo de operación la caldera pirotubular tiene únicamente una fuente de energía, el quemador de combustible fósil.

Todas las variables (de entrada, intermedias y de salida) y los diferentes modos de operación se pueden visualizar en un SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), un programa que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia, y que muestra en cada momento las condiciones de funcionamiento de la fábrica. El SCADA también cuenta con una interfaz en la que se pueden activar y desactivar partes de la fábrica de forma manual (como la instalación solar térmica) y variar los valores predeterminados de control.

Con esta configuración, el sistema híbrido de generación de vapor de la invención comprende unos elementos conocidos del estado de la técnica y esenciales para cualquier sistema de generación de vapor:

- una caldera pirotubular con un quemador alimentado con energía exterior (generalmente fósil);
- un tanque de condensados que recibe agua del exterior, encargado de suministrar agua a la caldera;
- una instalación solar térmica que comprende al menos un captador solar,
- un colector de distribución mediante el que se extrae el vapor generado del sistema,
- un conducto de entrada, que conecta hidráulicamente la caldera pirotubular con el tanque de condensados;
- un conducto de salida, que conecta hidráulicamente la caldera pirotubular con el colector de distribución;

Además, el sistema de la invención comprende los siguientes elementos, mediante los que se diferencia de los sistemas conocidos:

- un conducto de comunicación, que comunica hidráulicamente una entrada y una salida de la caldera pirotubular a través de los captadores solares de la instalación solar, y

- un difusor térmico capacitado para inyectar el vapor húmedo en el volumen líquido de la caldera, facilitando la separación del líquido y el vapor del fluido inyectado.

5 El sistema híbrido de generación de vapor de la invención puede incorporar un sensor en el conducto de salida para determinar el título del vapor extraído.

Además, el sistema se puede mejorar si el conducto de circulación incorpora una válvula baipás que bifurca la salida de la instalación solar en la entrada a la caldera pirotubular y la entrada a la instalación solar.

10 Por otro lado, la invención también divulga un método de generación de vapor, según el sistema descrito, que comprende las siguientes fases:

- 15 a) suministrar agua a la caldera;
- b) encender la caldera pirotubular;
- c) bombear agua desde la caldera pirotubular a la instalación solar;
- d) medir la temperatura, presión y nivel del agua en el interior de la caldera pirotubular;
- e) medir la temperatura, presión y caudal del fluido en la instalación solar;
- f) devolver el fluido de la instalación solar de vuelta a la caldera pirotubular en forma de
20 vapor húmedo;
- g) extraer vapor saturado de la caldera pirotubular por el conducto de salida;
- h) recibir el vapor en el colector de distribución para ser extraído del sistema.

25 En este método, por un lado, si el valor de la temperatura y presión en la caldera es inferior a unos valores predeterminados, comprende la siguiente fase después de la fase e):

- e1) activar la válvula baipás para recircular el agua por la instalación solar.

Por otro lado, si en el método el valor de la temperatura y presión en la caldera es superior a unos valores predeterminados, comprende la siguiente fase después de la fase d):

- 30 d1) activar la válvula baipás para recircular el agua por la instalación solar.

Además, si el valor del nivel del agua en la caldera es inferior a un valor predeterminado, comprende la siguiente fase después de la fase d):

- 35 d2) suministrar agua a la caldera desde el tanque de condensados hasta que el nivel supere el valor predeterminado.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de
5 realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra una vista de un sistema de generación de vapor mediante caldera conocido en el estado de la técnica.

10 Figura 2.- Muestra una vista de un sistema de generación de vapor mediante una caldera y también mediante una instalación solar de los conocidos en el estado de la técnica.

Figura 3.- Muestra una vista del sistema híbrido de generación de vapor de la invención.

Figura 4.- Muestra una vista en sección longitudinal de la caldera pirotubular del sistema híbrido de la invención.

15 Figura 5.- Muestra una vista en sección transversal de la caldera pirotubular de la figura 4.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

La figura 1 representa un sistema de generación de vapor mediante caldera según se conoce
20 en el estado de la técnica. Este sistema, además de incorporar los conductos y componentes hidráulicos necesarios para conectar los diferentes elementos del sistema, está configurado mediante los siguientes elementos:

- un tanque de condensados (1), encargado de suministrar agua de alimentación al sistema mediante una bomba de alimentación (7) y que puede recibir agua desde el
25 exterior,
- una caldera pirotubular (2), encargada de aportar vapor saturado al sistema, y
- un colector de distribución (3), desde donde se suministra el vapor saturado generado por el sistema.

30 La figura 2 representa un sistema de generación de vapor mediante una instalación solar térmica (4) según se conoce en el estado de la técnica. Este sistema, se conecta en paralelo con un sistema de generación de vapor mediante caldera (2) como el de la figura 1, formando dos sistemas totalmente independientes. Además de los elementos ya mencionados en el sistema de generación de vapor mediante caldera (2) mostrado en la figura 1, comprende los
35 siguientes elementos adicionales:

- un depósito separador de vapor (5) donde se realiza la separación de vapor y agua del vapor húmedo proveniente de la instalación solar térmica (4),
- una instalación solar térmica (4), que además de las placas o captadores solares, incluye los elementos necesarios para el control y monitorización con precisión del funcionamiento de la instalación,
- una bomba de circulación para bombear agua en estado líquido desde el depósito separador de vapor (5) hasta la instalación solar térmica (4),
- una conexión hidráulica adicional desde el tanque de condensados (1) hasta el depósito separador de vapor (5),
- un circuito de purga (6) del depósito separador de vapor (5) para reducir la concentración de sólidos disueltos en el depósito separador de vapor (5),
- una válvula de descarga motorizada para controlar la presión de descarga desde el depósito separador de vapor (5) hasta el colector de distribución (3), y
- una conexión hidráulica adicional desde el depósito separador de vapor (5) hasta el colector de distribución (3).

Este sistema de generación de vapor consigue generar vapor mediante dos elementos que son completamente independientes, como son el sistema de caldera (2) y el sistema de generación de vapor mediante una instalación solar térmica (4). Sin embargo, a diferencia del sistema de generación de la invención, no puede considerarse que sea híbrido, en cuanto que no existe ningún tipo de interacción entre la caldera pirotubular (2) y la instalación solar (4).

Hay que decir que elementos necesarios y esenciales en todo circuito hidráulico como son válvulas, conexiones, bombas e instrumentación no han sido representados en las figuras, a excepción de algunas de las bombas (7, 16) y la válvula de baipás (10), que ayudan a visualizar el funcionamiento del circuito. El experto en la materia es conocedor de estos elementos, así como de su ubicación en el circuito y su utilización.

A continuación, se describe el funcionamiento de este sistema de generación de vapor mediante una instalación solar térmica (4) y caldera (2) ya conocido en el estado de la técnica.

El tanque de condensados (1) recibe agua del exterior, normalmente de un circuito de condensados, para suministrarla tanto a la caldera (2) como al depósito (5), además de un aporte adicional de agua de reposición para compensar las pérdidas.

La caldera pirotubular (2) y el sistema de generación de vapor mediante una instalación solar térmica (4) suministran vapor saturado al colector de distribución (3) en paralelo, siendo la operación de cada sistema independiente.

- 5 A continuación, se describe el funcionamiento del sistema de generación de vapor mediante la caldera pirotubular (2):

La caldera pirotubular (2) es alimentada con energía del exterior, normalmente con combustible fósil (gasoil, gas natural, propano, etc.). El combustible fósil se utiliza en un quemador (8) que genera una llama y gases de combustión, tal y como se representa en la figura 4. Los gases de combustión se hacen pasar por un haz de tubos (9) en contacto con el volumen interior de agua. El calor de los gases de combustión que circulan por los tubos (9) calienta el volumen interior de agua de la caldera (2), consiguiendo la ebullición del agua. Durante la ebullición se genera vapor que se acumula en la parte superior del volumen del interior de la caldera (2), desde donde se extrae en forma de vapor saturado mediante una conexión hidráulica y una válvula de descarga. El agua que se extrae en forma de vapor saturado tiene que reponerse, para evitar que el nivel de agua en el interior del volumen de la caldera pirotubular (2) descienda por debajo del umbral de operación. Para ello se circula agua de alimentación desde el tanque de condensados (1), a través del conducto de entrada (11), y se introduce en la caldera pirotubular (2) con ayuda de la bomba de alimentación (7). El aporte de agua de alimentación debe estar controlado para evitar también que el nivel del volumen de agua interior de caldera pirotubular (2) supere el umbral de operación. A medida que se genera vapor, la concentración de minerales en el volumen líquido del interior de la caldera pirotubular (2) aumenta. Cuando la concentración supera el umbral de operación, el circuito de purga (6) se pone en funcionamiento extrayendo agua con un alto contenido en minerales. El vapor generado por la caldera (2) se lleva al colector de distribución (3) en forma de vapor saturado, a través del conducto de salida (13), desde donde se reparte a los diferentes procesos a través de la red de distribución de la instalación industrial.

- 30 A continuación, se describe el funcionamiento del sistema de generación de vapor mediante una instalación solar térmica (4):

El depósito separador de vapor (5) está conectado hidráulicamente a la instalación solar térmica (4). Desde la parte inferior del depósito separador de vapor (5) se bombea agua líquida cercana a condiciones de saturación al circuito de la instalación solar térmica (4). La instalación solar térmica (4) refleja la radiación solar y la concentra en el tubo receptor por el

- que circula el agua líquida. En su paso por la instalación solar térmica, el agua líquida sufre un proceso de ebullición y a la salida de la instalación solar (4) es una mezcla de agua y vapor conocida como vapor húmedo. La proporción de agua y vapor varía en función de la radiación solar disponible. El vapor húmedo se conduce al depósito separador de vapor (5) y en él, el
- 5 agua líquida se separa del vapor por gravedad. El vapor en el interior del depósito separador (5) se acumula en la parte superior de este, desde donde se extrae en forma de vapor saturado mediante una válvula de descarga. El agua que se extrae en forma de vapor saturado tiene que reponerse, para evitar que el nivel de agua en el interior del depósito separador (5) caiga por debajo del umbral de operación. Para ello se circula agua de alimentación desde el tanque
- 10 de condensados (1) y se introduce en depósito separador (5) mediante una bomba de circulación. El aporte de agua de alimentación debe estar controlado para evitar que el nivel del volumen de agua interior de depósito separador (5) supere el umbral de operación. A medida que se genera vapor, la concentración de minerales en el volumen líquido del interior del depósito separador (5) aumenta. Cuando la concentración supera el umbral de operación,
- 15 el circuito de purga se pone en funcionamiento extrayendo agua con un alto contenido en minerales. El vapor generado en el depósito separador (5) se lleva al colector de distribución (3) en forma de vapor saturado a través del conducto de salida (13), desde donde se reparte a los diferentes procesos a través de la red de distribución de la industria.
- 20 Cuando la temperatura en el depósito separador de vapor (5) es superior a la temperatura de la instalación solar térmica (generalmente en los arranques del sistema), se activa la válvula de baipás (10) del circuito solar y el agua líquida recircula por la instalación solar (4) hasta alcanzar la temperatura necesaria para poder inyectarse en el depósito separador (5).
- 25 Según se ha comentado, la invención mejora sustancialmente esta configuración, evitando la utilización del depósito separador de vapor (5), gran parte de los circuitos hidráulicos, la bomba de circulación y todas las válvulas e instrumentación de control asociadas al depósito separador de vapor (5).
- 30 La figura 3 representa el sistema híbrido de generación de vapor de la invención. En comparación con el sistema conocido mostrado en la figura 2, las diferencias fundamentales que presenta el sistema de la invención son dos principalmente.

Una diferencia consiste en la configuración del sistema, donde se han llevado a cabo las

35 siguientes simplificaciones:

- la eliminación del depósito separador de vapor (5),

- la eliminación de las válvulas e instrumentación de control asociadas al depósito separador (5),
- la eliminación del circuito hidráulico de descarga del depósito separador (5),
- la eliminación de las válvulas e instrumentación de control asociadas al circuito de
- 5 descarga del depósito separador de vapor (5),
- la eliminación del circuito hidráulico de alimentación y de la bomba de alimentación (7)
- del depósito separador (5),
- la eliminación de las válvulas e instrumentación de control asociadas al circuito de
- alimentación del depósito separador de vapor (5),
- 10 - la eliminación del circuito hidráulico de purga (6), y
- la eliminación de las válvulas e instrumentación de control asociadas al circuito de
- alimentación del depósito separador de vapor (5).

La otra diferencia fundamental es relativa al hecho de que el sistema de la invención es

15 híbrido. Esto quiere decir que, a diferencia del sistema de generación de vapor mediante una

 instalación solar térmica (4) en paralelo con una caldera pirotubular (2), ya conocido en el

 estado de la técnica, donde la generación de vapor se realiza de manera independiente, en el

 sistema de la invención el vapor se genera en el interior de la caldera pirotubular (2). De esta

 manera, la caldera pirotubular (2) y la instalación solar (4) generan vapor de forma combinada.

20 El sistema de la invención permite a la caldera pirotubular (2) operar en modo “solo solar”

 donde la fuente energética del vapor generado en la caldera pirotubular (2) proviene de la

 instalación solar, en modo “híbrido”, donde la fuente energética del vapor generado en la

 caldera (2) proviene tanto del quemador fósil como de la instalación solar (4), así como en

 modo “sólo fósil”, donde la fuente energética del vapor generado en la caldera (2) proviene

25 únicamente del quemador fósil.

En el sistema de la invención, el vapor húmedo generado en la instalación solar térmica (4)

 se bombea al interior de la caldera pirotubular (2) mediante una bomba de recirculación (16)

 para su mezcla con el vapor generado por la propia caldera (2), y conseguir así vapor saturado

30 en condiciones para poder entregarse al colector de distribución (3). De esta forma, el

 rendimiento de la generación de vapor global es más elevado que en el caso del sistema de

 generación de vapor mediante una caldera pirotubular (2) y una instalación solar térmica (4)

 independientes ya conocido en el estado de la técnica, por las siguientes razones:

- se eliminan las pérdidas térmicas asociadas al depósito separador de vapor (5), a las
- 35 conexiones hidráulicas de los circuitos de alimentación, purga y descarga,

- se eliminan las pérdidas térmicas asociadas a las válvulas del depósito separador (5) y los circuitos hidráulicos antes mencionados,
- se eliminan las pérdidas energéticas asociadas al calentamiento del volumen del agua del depósito separador de vapor (5) y al volumen de agua en el interior de los circuitos hidráulicos,
- se eliminan las pérdidas energéticas asociadas a la purga del depósito separador (5),
- se reduce la inercia térmica del sistema consiguiendo que el arranque del sistema sea más rápido, y
- se elimina el consumo eléctrico de la bomba de alimentación (7) y el accionamiento de las válvulas de control.

Según se puede apreciar en la figura 3, al haberse eliminado el depósito separador de vapor (5), el tanque de condensados (1) únicamente se encarga de suministrar agua a la caldera (2) a través del conducto de entrada (11) mediante la bomba de alimentación (7). La caldera pirotubular (2) además, comunica directamente con la instalación solar (4) para enviar y recibir fluido a través del conducto de circulación (12) mediante la bomba de recirculación (16). Por último, la caldera pirotubular (2) también comunica con el colector de distribución (3) a través del conducto de salida (13) para extraer el vapor generado.

La caldera pirotubular (2) también incorpora en su interior un difusor térmico (14), encargado de inyectar el vapor húmedo de la instalación solar (4) en la caldera (2) de forma homogénea. Este elemento es esencial, en cuanto que consigue que el vapor húmedo proveniente de la instalación solar térmica (4) se distribuya de manera homogénea en el volumen de agua interior del cuerpo de caldera pirotubular (2). Tiene una longitud de dos tercios del interior de la caldera.

La figura 4 representa una sección longitudinal de una caldera pirotubular (2). En la figura se puede apreciar que comprende un quemador (8), donde se produce la combustión del combustible que la alimenta, ubicado en un hogar comunicado con un haz de tubos (9) para la conducción de los humos de la combustión, que terminan en una chimenea (15) para la salida de gases de la caldera (2). De esta forma, se aprovecha la energía calorífica no solo generada en el quemador (8), sino también la de los humos generados en la combustión. Sin embargo, la caldera pirotubular (2) de la invención, al estar ubicada en el sistema híbrido de la invención, también incluye un conducto de circulación (12) que incorpora dos conexiones con la instalación solar (4):

- una conexión hidráulica de entrada a la instalación solar (4). La parte inferior de la caldera (2) incorpora una salida para extraer agua, normalmente caliente, en estado líquido, para ser impulsada hacia la instalación solar (4), donde recibe mayor aporte calorífico, y

5 - una conexión de salida de la instalación solar (4). El vapor húmedo resultante de la mezcla de agua en fase líquida y vapor a la salida de la instalación solar térmica (4), se inyecta en la caldera pirotubular (2) a través del difusor térmico (14), mezclándose con el vapor y el líquido de la caldera (2).

10 Este difusor (2) incluye unas perforaciones para promover la nucleación de burbujas, contribuyendo a la separación de vapor con respecto al agua.

En cuanto al funcionamiento del sistema de la invención, inicialmente, se enciende el quemador (8) de la caldera pirotubular (2) hasta que un termómetro y un barómetro, que miden
15 las condiciones en el interior, indican que el agua de la caldera (2) ha alcanzado una temperatura y presión a las que está generando vapor y puede ser extraído.

Hasta que no llega este momento, desde que se arranca la caldera (2), se activa la válvula baipás (10) ubicada en el conducto de circulación (12), de forma que el agua sale de la caldera
20 (2) para dirigirse a la instalación solar (4) por el conducto de circulación (12) atravesando los captadores solares y volver a ser recirculada por la instalación solar (4), sin entrar en la caldera (2).

Un termómetro mide la temperatura del agua en los captadores solares de forma que, una vez
25 el agua ha alcanzado una temperatura determinada en la instalación solar (4), además de las condiciones de presión y temperatura en la caldera (2), deja de ser recirculada por la instalación solar (4). Para ello, la válvula baipás (10) se desactiva para que el agua sea dirigida a la caldera (2) en lugar de ser recirculada por la instalación solar (4).

30 Cuando el termómetro y el barómetro del interior de la caldera pirotubular (2) indican que el agua ha alcanzado unas condiciones determinadas, de forma que asegure que se ha generado vapor de agua, se puede empezar a extraer vapor de la caldera (2). De esta forma, se abre la válvula de extracción de vapor un porcentaje determinado, de forma que las condiciones internas de la caldera (2) se mantengan estables, para ser extraído de la caldera
35 (2) por el conducto de salida (13).

La apertura de la válvula de extracción de vapor está condicionada por unos valores máximos de temperatura y presión en la caldera (2) que, en caso de ser alcanzados, forzarían la apertura total de la válvula de extracción de vapor hasta conseguir alcanzar las condiciones internas nuevamente dentro del rango de seguridad de trabajo.

5

Para intentar evitar esta situación, si se alcanzan unos valores máximos determinados de presión y temperatura en el interior de la caldera, el sistema provocaría que el vapor no fuese introducido en la caldera (2), sino que activaría la válvula baipás (10) para que el fluido volviese a ser recirculado por la instalación solar (4).

10

Además, en el interior de la caldera (2) se lleva a cabo el control del nivel de agua de forma que la extracción de vapor no implique que el nivel de agua haya bajado de un nivel mínimo de control predeterminado. Esto es importante para evitar que el haz de tubos (9) de salida de los humos de la combustión hacia la chimenea (15) no queden fuera del agua. De esta forma, si el agua desciende de un nivel predeterminado, se procede a suministrar agua a la caldera (2) desde el tanque de condensados (1) a través del conducto de entrada (11).

15

REIVINDICACIONES

1. Sistema híbrido de generación de vapor que comprende:

- una caldera pirotubular (2) con un quemador (8) alimentado con energía exterior;
- un tanque de condensados (1) que recibe agua del exterior, encargado de suministrar agua a la caldera pirotubular (2);
- una instalación solar (4) que comprende al menos un captador solar;
- un colector de distribución (3) mediante el que se extrae el vapor generado del sistema;
- un conducto de entrada (11) que conecta hidráulicamente la caldera pirotubular (2) con el tanque de condensados (1);
- un conducto de salida (13) que conecta hidráulicamente la caldera pirotubular (2) con el colector de distribución (3);

estando el sistema **caracterizado** por que la caldera pirotubular (2) comprende:

- un conducto de circulación (12) que conecta hidráulicamente una entrada y una salida de la caldera pirotubular (2) con los captadores solares de la instalación solar (4), y
- un difusor térmico (14) encargado de inyectar el vapor húmedo de la instalación solar (4) en la caldera (2) de forma homogénea, alojado en la caldera pirotubular (2) y conectado hidráulicamente con el conducto de circulación (12).

2. El sistema solar híbrido de generación de vapor de la reivindicación 1, donde el conducto de circulación (12) incorpora una válvula baipás (10) que bifurca la salida de la instalación solar (4) en la entrada a la caldera pirotubular (2) y la entrada a la instalación solar (4).

3. Método de generación de vapor según el sistema de la reivindicación 2, caracterizado por que comprende las siguientes fases:

- a) suministrar agua a la caldera pirotubular (2);
- b) encender la caldera pirotubular (2);
- c) bombear agua desde la caldera (2) a la instalación solar (4);
- d) medir el nivel del agua, la temperatura y presión en la caldera pirotubular (2);
- e) medir la temperatura del fluido en la instalación solar (4);
- f) devolver el fluido de la instalación solar (4) de vuelta a la caldera pirotubular (2);
- g) extraer vapor de agua de la caldera pirotubular (2) por el conducto de salida (13);
- h) recibir el vapor en el colector de distribución (3) para ser extraído del sistema.

4. El método de la reivindicación 3 donde, si el valor de la temperatura y presión de la caldera y de la temperatura del fluido en la instalación solar (4) es inferior a unos valores predeterminados, comprende la siguiente fase después de la fase e):

e1) activar la válvula baipás (10) para recircular el agua por la instalación solar (4).

5

5. El método de la reivindicación 3 donde, si el valor de la temperatura y presión de la caldera pirotubular (2) es superior a unos valores predeterminados, comprende la siguiente fase después de la fase d):

d1) activar la válvula baipás (10) para recircular el agua por la instalación solar (4).

10

6. El método de la reivindicación 3 donde, si el valor del nivel del agua en la caldera pirotubular (2) es inferior a un valor predeterminado, comprende la siguiente fase después de la fase d):

d2) suministrar agua a la caldera pirotubular (2) desde el tanque de condensados (1) hasta que el nivel supere el valor predeterminado.

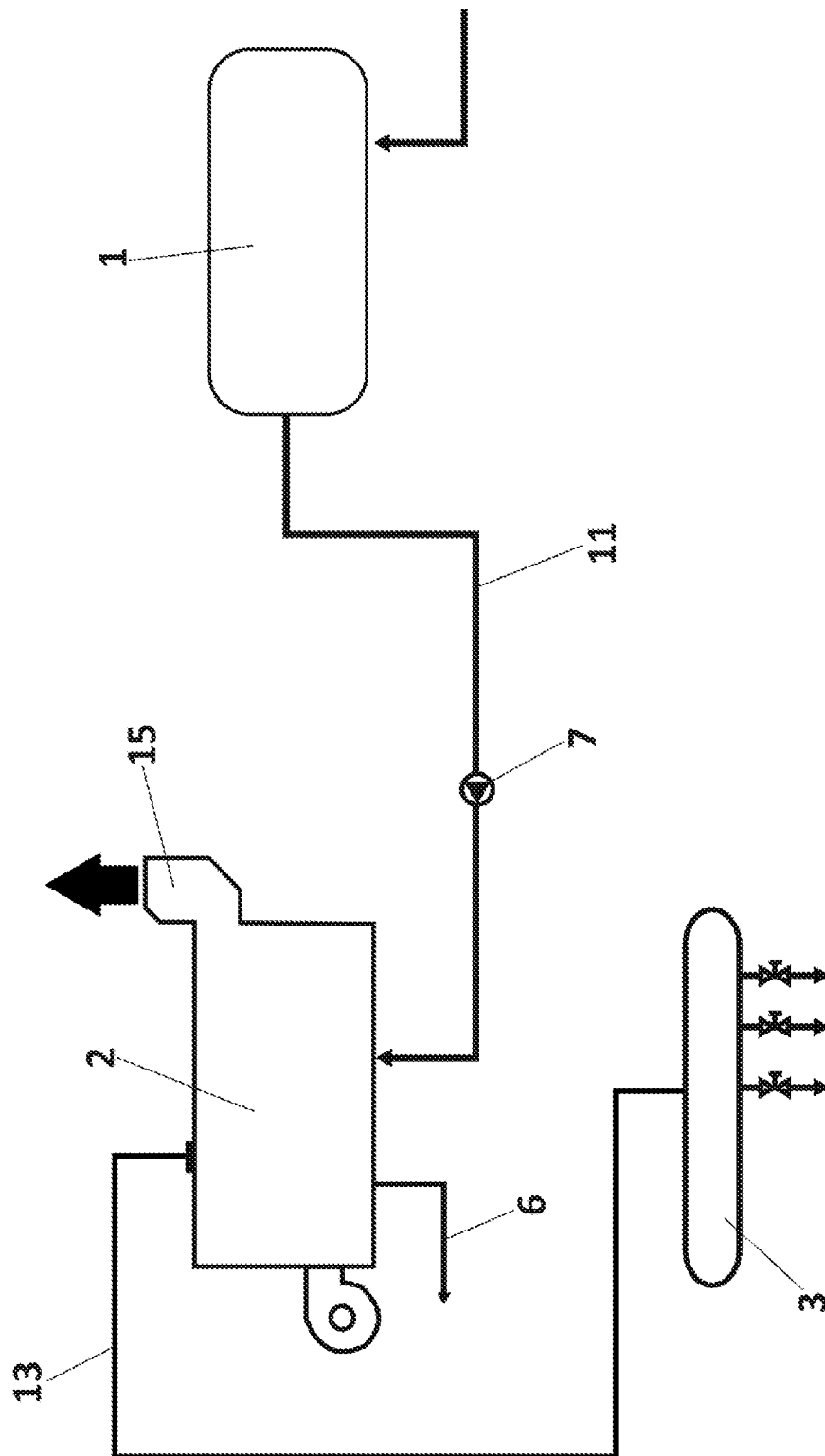


FIG. 1

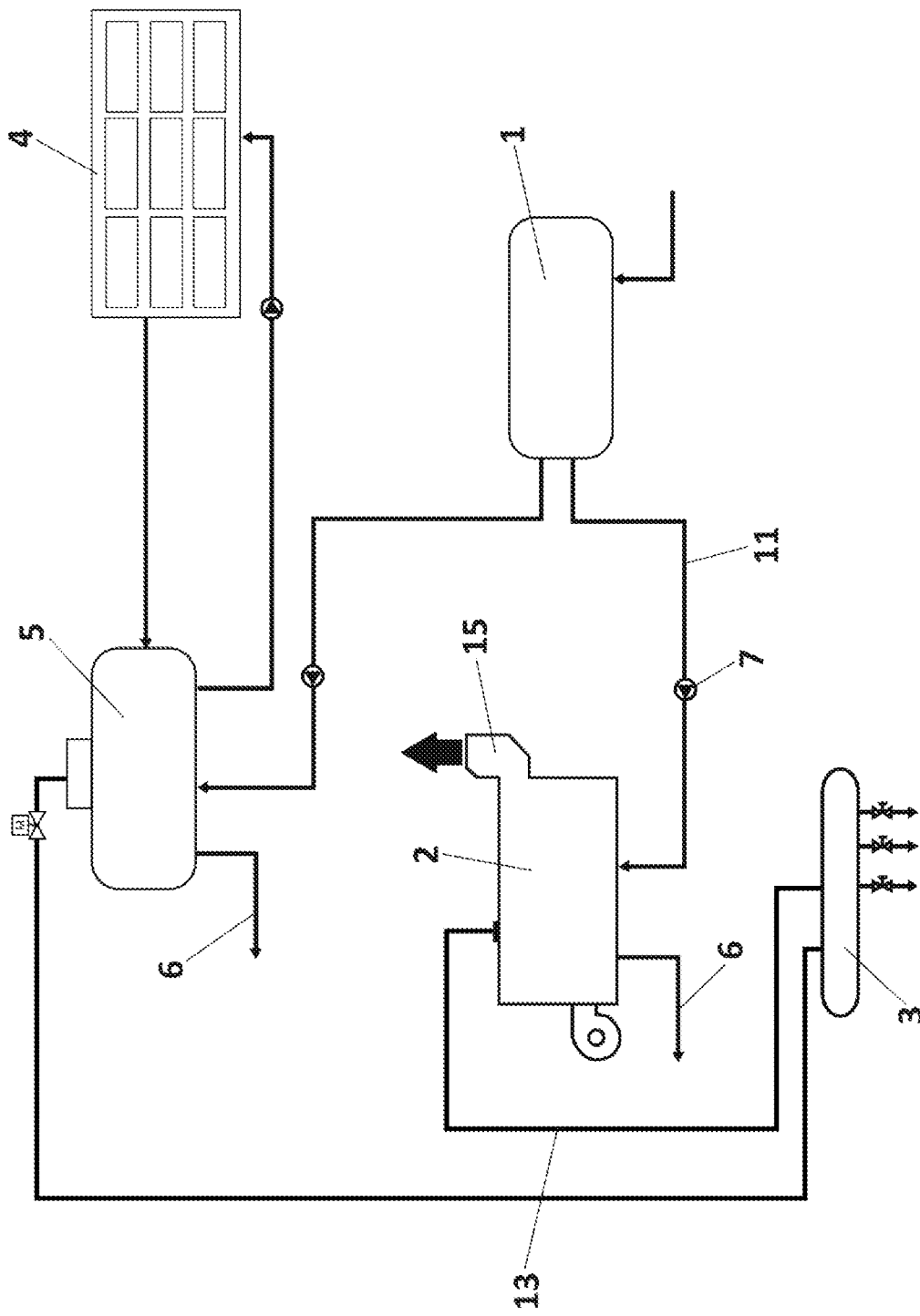


FIG. 2

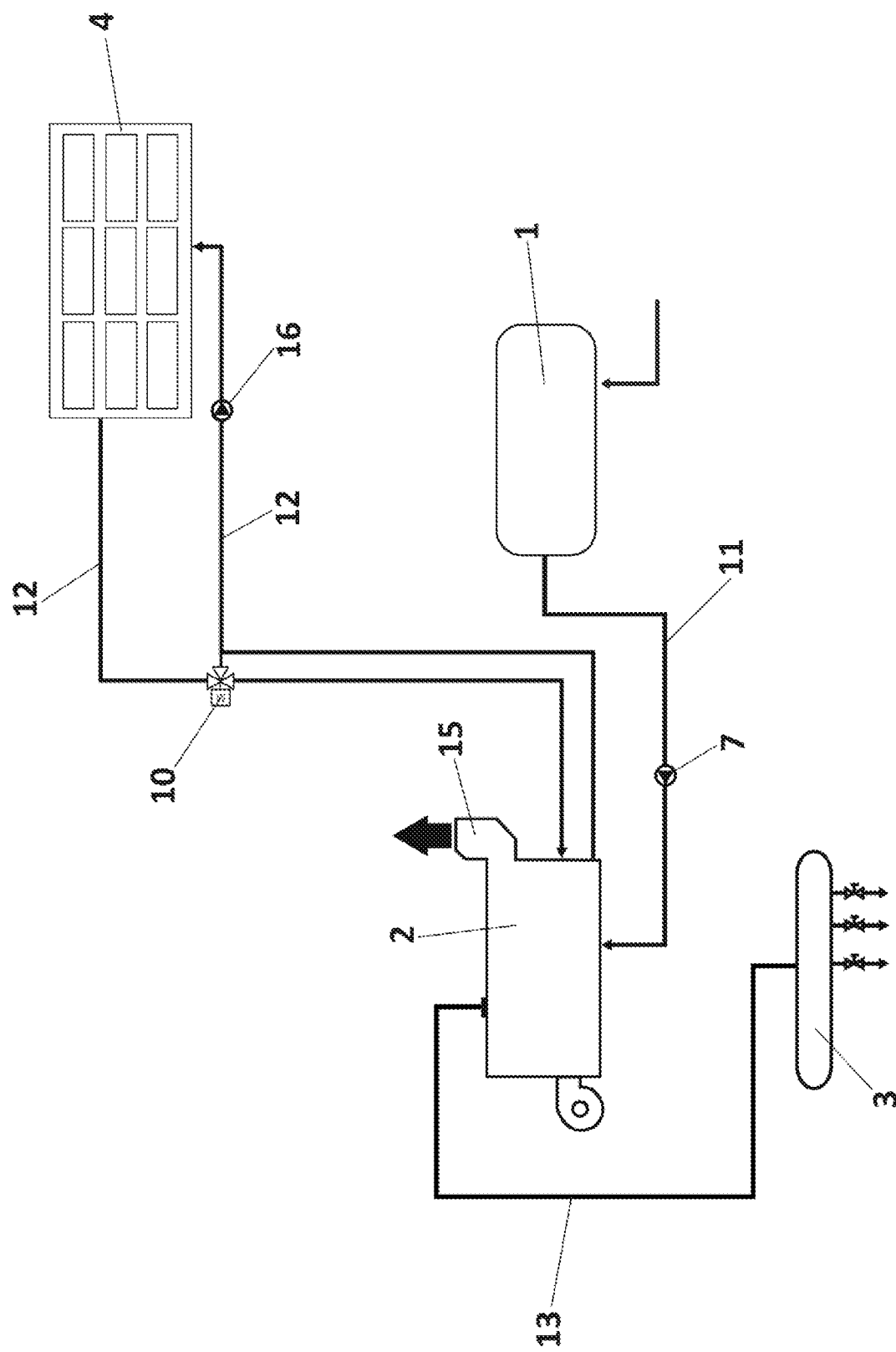


FIG. 3

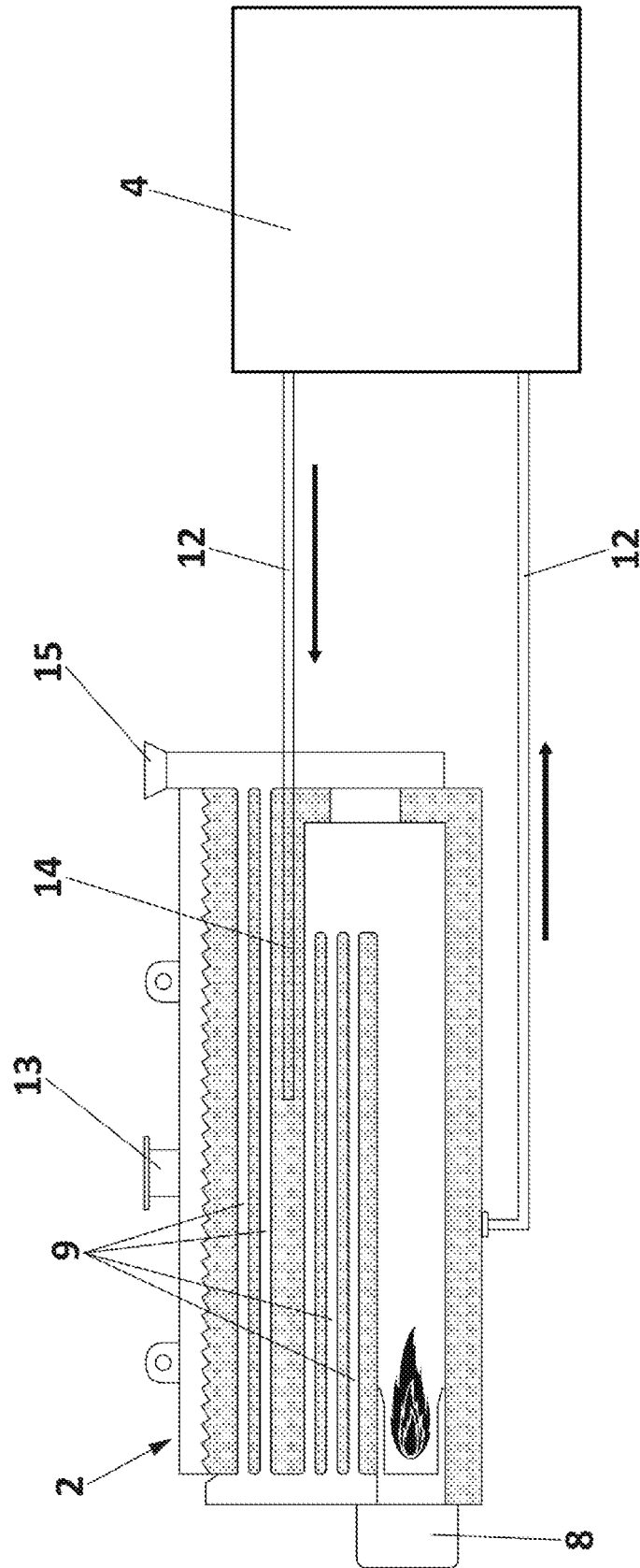


FIG. 4

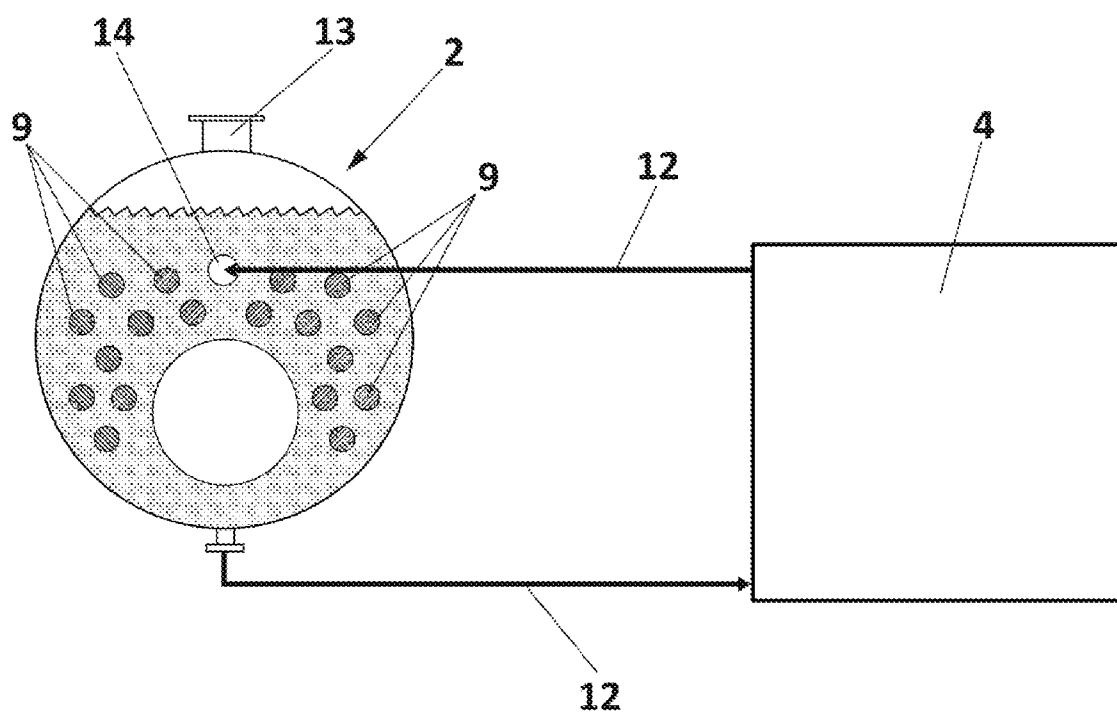


FIG. 5