(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 715 697**

(51) Int. CI.:

F23J 15/02 (2006.01)
F23J 15/00 (2006.01)
F23J 15/06 (2006.01)
F23J 15/08 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.09.2015 E 15183249 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.01.2019 EP 2993398**

(54) Título: **Aparato de tratamiento de gases de combustión y su método de operación**

(30) Prioridad:

04.09.2014 JP 2014179803

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.06.2019

(73) Titular/es:

MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS, LTD. (100.0%)
3-1, Minatomirai 3-chome Nishi-Ku, Yokohama-shiKanagawa 220-8401, JP

(72) Inventor/es:

SHIMAMURA, JUN;
OKAWA, TSUYOSHI;
SAITO, TAKAYUKI;
YAMANE, NOBUO;
SHIMAZU, HIROMICHI;
OCHIAI, RYOTA y
ISHIZAKA, HIROSHI

(74) Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

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

Aparato de tratamiento de gases de combustión y su método de operación

[Campo técnico]

La presente invención se refiere a un aparato de tratamiento de gases de combustión para purificar un gas de combustión descargado de un aparato de combustión, tal como una caldera, usado en un sistema de energía térmica, tal como una central térmica, y a un método operativo del mismo.

[Técnica anterior]

La figura 9 describe un aparato de tratamiento de gases de combustión de acuerdo con la técnica anterior para uso en una central térmica como se divulga en el documento JP 4725985. Téngase en cuenta que a lo largo de los dibujos, las mismas características tienen los mismos signos de referencia.

En la figura 9, un gas de combustión descargado de una caldera 1 dispuesta en una central térmica, un aparato de emisión de gases de escape o similar se introduce en una unidad de desnitrificación 2 para que los óxidos de nitrógeno se eliminen del gas de combustión. El gas de combustión resultante se somete a intercambio de calor con el aire de combustión que se alimenta a la caldera 1 en un precalentador de aire 3. El gas de combustión resultante se introduce en un precipitador electrostático 4 para que la mayor parte del polvo se elimine del gas de combustión. El gas de combustión resultante se presuriza mediante un ventilador de tiro inducido 5 y se introduce en una unidad de desulfuración 6 para que los óxidos de azufre (SOx) se eliminen del gas de combustión. El gas de combustión resultante se presuriza mediante un ventilador de refuerzo 7 y se descarga de una chimenea 8.

Además, en la configuración mostrada en la figura 9, se dispone una unidad de recuperación de calor 9 adyacente a la entrada del precipitador electrostático 4 en la trayectoria de flujo del gas de combustión; se dispone una línea de agua de alimentación 106 para alimentar agua a la caldera 1; se dispone un calentador de agua de alimentación 100 en la línea de agua de alimentación 106; se dispone una tubería de circulación de medio de calentamiento 101 para comunicar la unidad de recuperación de calor 9 y el calentador de agua de alimentación 100; en la tubería de circulación 101 del medio de calentamiento se dispone una tubería de derivación de medio de calentamiento 102 que permite que el medio de calentamiento en el lado de entrada de la unidad de recuperación de calor circule hacia el calentador de agua de alimentación 100 al tiempo que deriva la unidad de recuperación de calor 9; y en la tubería de derivación 102 del medio de calentamiento se dispone una válvula de control de caudal 103 del medio de calentamiento.

Un método para operar el aparato de tratamiento de gases de combustión constituido por la composición descrita anteriormente; durante el arranque de la caldera 1 o inmediatamente después de encender la caldera 1 incluye: cuando la temperatura del gas de combustión en el lado aguas arriba del precipitador 4 en la trayectoria de flujo del gas de combustión es inferior al punto de condensación de los componentes corrosivos en el gas de combustión, abrir la válvula de control de caudal 103 del medio de calentamiento para hacer que el medio de calentamiento derive la unidad de recuperación de calor 9 o para reducir la cantidad de medio de calentamiento que fluye dentro de la unidad de recuperación de calor 9 para reducir la cantidad de intercambio de calor en la misma; posteriormente, cuando el calor se recupera del gas de combustión en la unidad de recuperación de calor 9 y la temperatura de salida del gas de combustión de la unidad de recuperación de calor 9 alcanza un valor establecido o más, cerrar la válvula de control de caudal 103 del medio de calentamiento en la tubería de derivación 102 del medio de calentamiento de modo que el medio de calentamiento que ha recuperado el calor del gas de combustión en la unidad de recuperación de calor 9 se introduzca en el calentador de agua de alimentación 100 a través de la tubería de circulación 101 del medio de calentamiento; y después de calentar el agua de alimentación de la caldera, reintroducir el medio de calentamiento en la unidad de recuperación de calor 9 a través de la tubería de circulación 101 del medio de calentamiento, de modo que el aparato de tratamiento de gases de combustión se ponga en un estado operativo normal.

Otras configuraciones conocidas incluyen configuraciones en las que se dispone una unidad de recuperación de calor en la trayectoria de flujo del gas de combustión de una caldera y en las que se dispone una tubería de circulación de medio de calentamiento a través de la que un medio de calentamiento (agua) que ha recuperado calor en la unidad de recuperación de calor es desechado y el medio de calentamiento se hace circular y se suministra a un calentador de condensado para caldera (literaturas de patentes 2 y 3).

Las otras configuraciones se conocen a partir del documento JP 2014-9877 A1, que divulga un aparato de tratamiento de gases de combustión de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y con el documento JP H09-122438 A1 (D5).

[Lista de citas]

[Literatura de patentes]

[Literatura de patentes 1] JP 4725985
[Literatura de patentes 2] JP 4959156
[Literatura de patentes 3] JP 2011-94962 A
[Literatura de patentes 4] JP 2014-9877 A
[Literatura de patentes 5] JP H09-122438 A

[Divulgación de la invención]

[Problemas a resolver por la invención]

Para los aparatos de tratamiento de gases de combustión anteriores de la técnica convencional después de recuperar el calor del gas de combustión descargado de la caldera usando la unidad de recuperación de calor 9, cuando un medio de calentamiento (agua de alimentación) que se alimenta a la unidad de recuperación de calor 9 tiene una temperatura baja durante el arranque de la caldera, durante el que la temperatura del gas de combustión aumenta gradualmente, la unidad de recuperación de calor 9 descarga un gas de combustión que tiene una temperatura baja e inestable.

Durante el arranque o parada de un sistema de energía térmica, las condiciones para un gas de combustión descargado de una caldera o las condiciones de un medio de calentamiento usado para generar energía usando turbinas a menudo no son las planificadas. En particular, durante el arranque de un sistema de energía térmica, la temperatura de un medio de calentamiento (agua) a menudo es menor que la planificada. Incluso inmediatamente después de poner en marcha el sistema de energía térmica, el gas de combustión debe enfriarse a la temperatura planificada (90 ºC o similar), ya que la caldera está incinerando combustible. En este caso, haciendo que el medio de calentamiento derive la unidad de recuperación de calor 9 y, por lo tanto, reduciendo la cantidad de medio de calentamiento que se alimenta a la misma, la temperatura del gas de combustión en la salida de la unidad de recuperación de calor 9 puede controlarse en términos de cálculo de calor. Sin embargo, en realidad, cuando se reduce la cantidad de medio de calentamiento que fluye hacia la unidad de recuperación de calor 9, se genera una desviación en cantidades de flujo de medio de calentamiento hacia las respectivas tuberías de transferencia de calor de la unidad de recuperación de calor 9. Esto impide un intercambio de calor uniforme en la unidad de recuperación de calor 9.

El objetivo de la invención de la literatura de patentes 4 es controlar el calor en un dispositivo de enfriamiento (4) de gas controlando el volumen del medio de calentamiento en la línea de circulación (29) del medio de calentamiento cambiando el nivel de apertura de la válvula (20) en la línea de derivación (30) del medio de calentamiento.

Si la temperatura del gas de combustión a la salida del enfriador de gas (4) es menor que la temperatura preestablecida, el polvo recogido en el precipitador electrostático (5) se deposita en un sólido y se humedece y finalmente se detiene la operación del aparato de tratamiento de gases de combustión. Por lo tanto, el volumen de un medio de calentamiento en el enfriador de gas (4) de una línea de circulación (29) se controla con la válvula (19) junto con la válvula (20) en una línea de derivación (30).

El objetivo de la invención de la literatura de patentes 5 es mantener una temperatura de un gas de combustión por encima del punto de condensación en una salida de la unidad de recuperación de calor (6) durante el arranque de un aparato de combustión como una caldera (1).

La literatura de patentes 5 divulga el método de operación del aparato de combustión, en el que todo o parte del volumen de un medio de calentamiento se hace circular en una unidad de recalentamiento (10) controlando el nivel de apertura de una válvula (44) en la línea de derivación (41) para disminuir el volumen de un medio de calentamiento que circula en una unidad de recuperación de calor (6), durante el arranque de un aparato de combustión o inmediatamente después de encender los quemadores del aparato de combustión. Al mismo tiempo, la unidad de recuperación de calor (6) se calienta mediante el calentador de vapor (42) provisto en una línea de medio de calentamiento (28) y se controla el volumen de un medio de calentamiento en una línea de derivación (30) de la unidad de recuperación de calor provista en paralelo a una tubería conductora de calor (21) en la unidad de recuperación de calor (6) hasta que la temperatura del medio de calentamiento en la salida de la unidad de recuperación de calor (6) sea superior a la temperatura preestablecida (por encima del punto de condensación).

La invención en la literatura de patentes 4 o 5 no sugiere que el medio de calentamiento de la salida del dispositivo de enfriamiento de gas (4) en la literatura de patentes 4 o la unidad de recuperación de calor (6) en la literatura de patentes 5 no se alimente directamente mediante las bombas (18, 27) a través de ambas líneas de derivación (30, 30) al dispositivo de enfriamiento de gas (4) o a la unidad de recuperación de calor (6) durante el arranque de un aparato de combustión o inmediatamente después de encender los quemadores del aparato de combustión.

Un objetivo de la presente invención es evitar la desestabilización de la temperatura del gas de combustión en la salida del aparato de recuperación de calor y la colocación en un entorno corrosivo del aparato de recuperación de calor, de la superficie de pared de la trayectoria del flujo de gas de combustión en el lado aguas abajo del aparato de recuperación de calor y de los dispositivos en el lado aguas abajo de la trayectoria del flujo de gas de combustión, debido a la inestabilidad de la cantidad de suministro y a la temperatura del medio de calentamiento causada por un efecto de variación de la cantidad y de la temperatura del gas de combustión durante el arranque o parada del sistema de energía térmica.

[Solución al problema]

El objetivo anterior se consigue mediante un aparato de tratamiento de gases de combustión de acuerdo con la reivindicación 1.

Un segundo aspecto de la presente invención proporciona un método para operar un aparato de tratamiento de gases de combustión de acuerdo con la reivindicación 2.

Un tercer aspecto de la presente invención proporciona un aparato de tratamiento de gases de combustión de acuerdo con la reivindicación 3.

Un cuarto aspecto de la presente invención proporciona un método para operar un aparato de tratamiento de gases de combustión de acuerdo con la reivindicación 4.

Un quinto aspecto de la presente invención proporciona un método para operar un aparato de tratamiento de gases de combustión de acuerdo con la reivindicación 5.

[Efecto ventajoso de la invención]

De acuerdo con el primer o segundo aspecto de la presente invención, la línea de circulación (11) del medio de calentamiento a través de la que circula y se alimenta el medio de calentamiento está dispuesta entre la unidad de recuperación de calor (9) y la unidad de uso (10) del medio de calentamiento, la primera línea de derivación (13) del medio de calentamiento y la segunda línea de derivación (15) del medio de calentamiento que permiten que el medio de calentamiento de la salida de la unidad de recuperación de calor (9) circule hacia la entrada de la unidad de recuperación de calor (9) al tiempo que derivan la unidad de uso (10) del medio de calentamiento están dispuestas en la línea de circulación (11) del medio de calentamiento, y la primera válvula de control de caudal (CV2) del medio de calentamiento y la segunda válvula de control de caudal (CV3) del medio de calentamiento están dispuestas en la primera línea de derivación (13) del medio de calentamiento y en la segunda línea de derivación (15) del medio de calentamiento, respectivamente. Durante el arranque del aparato de combustión que incluye la caldera (1) o inmediatamente después de encender los quemadores del aparato de combustión, los caudales del medio de calentamiento que fluye a través de las líneas de derivación (13, 15) del medio de calentamiento pueden controlarse controlando el grado de apertura de la primera válvula de control de caudal (CV2) del medio de calentamiento y de la segunda válvula de control de caudal (CV3) del medio de calentamiento.

Por lo tanto, de acuerdo con el primer o segundo aspecto de la presente invención, cuando la unidad de recuperación de calor (9) recupera el calor de un gas de combustión del aparato de combustión como la caldera (1) durante el arranque de un sistema de energía térmica o similar, y cuando la temperatura del medio de calentamiento es baja, es posible impedir que la superficie de calentamiento de la unidad de recuperación de calor (9) se corroa debido a la condensación, así como mantener estable la temperatura del gas de combustión a la salida de la unidad de recuperación de calor (9) en el estado previsto.

En otras palabras, de acuerdo con la presente invención, la velocidad de circulación planificada del medio de calentamiento de la unidad de recuperación de calor (9) puede mantenerse debido a la primera línea de derivación (13) del medio de calentamiento que tiene la bomba auxiliar (17) y la primera válvula de control de caudal (CV2) del medio de calentamiento en la misma, a la segunda línea de derivación (15) del medio de calentamiento que tiene la segunda válvula de control de caudal (CV3) del medio de calentamiento en la misma, que conecta la unidad de recuperación de calor (9) y la unidad de uso (10) del medio de calentamiento, la operación de la bomba auxiliar (17) y las válvulas de control de caudal (CV2, CV3) del medio de calentamiento. Además, debido a la bomba de circulación (18) dispuesta en la línea de circulación (11) del medio de calentamiento, la temperatura estable del gas de combustión en la salida de la unidad de recuperación de calor (9) y la temperatura del medio de calentamiento estable en la entrada de la unidad de recuperación de calor (9) puede lograrse independientemente de las variaciones en el caudal y en la temperatura del medio de calentamiento del sistema de energía térmica. Por esta estabilidad de la temperatura, es posible evitar que la unidad de recuperación de calor (9), la pared de la trayectoria del flujo del gas de combustión aguas abajo de la misma, y las unidades en la trayectoria de flujo del gas de combustión aguas abajo se coloquen en un ambiente corrosivo, así como lograr un arranque estable del aparato de combustión.

De acuerdo con el tercer o cuarto aspecto de la presente invención, en la configuración del sistema en la que la unidad de recuperación de calor (9) para recuperar el calor del gas de combustión del aparato de combustión tal como la caldera (1) está dispuesta de forma independiente; y el calor recuperado por la unidad de recuperación de calor (9) se usa para el agua de alimentación de la caldera, si la temperatura del gas de combustión medida por el primer termómetro (TE1) de gases de combustión o por el segundo termómetro (TE2) de gases de combustión dispuestos en la entrada o en la salida de la unidad de recuperación de calor (9) en la trayectoria del flujo del gas de combustión es menor que la temperatura preestablecida (el punto de condensación de los componentes corrosivos en el gas de combustión; por ejemplo, 90 ºC), el sistema de circulación del medio de calentamiento entre la unidad de recuperación de calor (9) y la unidad de uso (10) del medio de calentamiento se inicia en un estado en el que el sistema de circulación del medio de calentamiento entre la unidad de recuperación de calor (9) y la unidad de uso (10) del medio de calentamiento se separa. Por lo tanto, durante el arranque de la caldera (1) o similar, es posible reducir el riesgo de que el medio de calentamiento calentado por el calor del gas de combustión en la trayectoria del flujo del gas de combustión pueda convectarse de forma natural en el sistema de la unidad de recuperación de calor (9) y, por lo tanto, el medio de calentamiento en la unidad de recuperación de calor (9) pueda calentarse localmente e inflamarse (vaporizarse), así como evitar un aumento del tiempo en el que la unidad de recuperación de calor (9) y la pared de la trayectoria del flujo del gas de combustión aguas abajo de la misma, y las unidades en la trayectoria de flujo del gas de combustión aguas abajo se colocan en un ambiente corrosivo.

De acuerdo con el quinto aspecto de la presente invención, cuando el sistema de circulación del medio de calentamiento entre la unidad de recuperación de calor (9) y la unidad de uso (10) del medio de calentamiento se inicia en un estado en el que el sistema de circulación del medio de calentamiento entre la unidad de recuperación de calor (9) y la unidad de uso (10) del medio de calentamiento se separa, si la temperatura del gas de combustión medida por el segundo termómetro (TE2) de gases de combustión dispuesto en la salida de la unidad de recuperación de calor (9) en la trayectoria del flujo de gas de combustión es menor que la temperatura preestablecida (el punto de condensación de los componentes corrosivos en el gas de combustión; por ejemplo, 90 ºC), el medio de calentamiento calentado por el calor del gas de combustión a la salida del precalentador de aire (3) se convecta a la fuerza en el sistema de la unidad de recuperación de calor (9) durante el arranque de la caldera (1) o similar, durante el que la temperatura del gas de combustión es baja. Por lo tanto, en comparación con el cuarto aspecto de la presente invención, es posible calentar rápidamente el medio de calentamiento en la unidad de recuperación de calor (9) localmente y reducir el riesgo de que el medio de calentamiento se inflame (vaporice) y evitar un aumento del tiempo en el que la unidad de recuperación de calor (9) y la pared de la trayectoria del flujo del gas de combustión aguas abajo de la misma, y las unidades en la trayectoria del flujo del gas de combustión se colocan en un ambiente corrosivo.

[Breve descripción de los dibujos]

La figura 1 es un diagrama de flujo de un sistema de tratamiento de gases de combustión de una primera realización de la presente invención.
La figura 2 es un diagrama que muestra detalles de un sistema de trayectoria de flujo del medio de calentamiento para una unidad de recuperación de calor del sistema de tratamiento de gases de combustión de la figura 1.
La figura 3 es un gráfico de flujo que muestra un proceso de control del sistema de trayectoria de flujo del medio de calentamiento para la unidad de recuperación de calor de la figura 1.
La figura 4 es un gráfico de flujo que muestra otro proceso de control del sistema de trayectoria de flujo del medio de calentamiento de la unidad de recuperación de calor de la figura 1.
La figura 5 es un diagrama que muestra detalles de un sistema de trayectoria de flujo del medio de calentamiento para una unidad de recuperación de calor de un sistema de tratamiento de gases de combustión de una segunda realización de la presente invención.
La figura 6 es un gráfico de flujo que muestra un proceso de control del sistema de trayectoria de flujo del medio de calentamiento para la unidad de recuperación de calor de la figura 5.
La figura 7 es un gráfico de flujo que muestra un proceso de control del sistema de trayectoria de flujo del medio de calentamiento para la unidad de recuperación de calor de la figura 5.
La figura 8 es un diagrama que muestra detalles del sistema de trayectoria de flujo del medio de calentamiento para una unidad de recuperación de calor de un sistema de tratamiento de gases de combustión, que es una modificación de la segunda realización de la presente invención.
La figura 9 es un diagrama de flujo de un sistema de tratamiento de gases de combustión de la técnica convencional.

[Descripción de las realizaciones]

Las realizaciones de la presente invención se describirán con referencia a los dibujos.

[Primera realización]

La figura 1 es un diagrama de flujo de un sistema de tratamiento de gases de combustión de la presente realización.
La figura 2 es un diagrama que muestra un ejemplo de una unidad de recuperación de calor (enfriador de gas) 9 incluida en el sistema de tratamiento de gases de combustión de la figura 1 y compuesta por tuberías de

transferencia de calor y un sistema de trayectoria de flujo del medio de calentamiento a través del que un medio de calentamiento se alimenta a la unidad de recuperación de calor 9. El sistema de tratamiento de gases de combustión que se muestra en la figura 1 usa una unidad de uso 10 del medio de calentamiento en lugar del calentador de agua de alimentación 100, que se muestra en el diagrama de flujo del sistema de tratamiento de gases de combustión convencional mostrado en la figura 9 y que opera usando el calor de un gas de combustión. El sistema de trayectoria de flujo del medio de calentamiento entre la unidad de recuperación de calor 9 y la unidad de uso 10 del medio de calentamiento que se muestra en la figura 1 difiere del de la figura 9 solo parcialmente.

Como se muestra en las figuras 1 y 2, el agua de alimentación de una fuente de agua de alimentación se alimenta a través de una tubería de agua de alimentación (medio de calentamiento) a la unidad de recuperación de calor 9 usando una bomba de circulación 18 y reduce la temperatura del gas de combustión, y a continuación, el agua de alimentación cuya temperatura ha aumentado, se alimenta a la unidad de uso 10 del medio de calentamiento. Aunque la única unidad de recuperación de calor 9 está dispuesta en la trayectoria de flujo del gas de combustión a través de la que fluye un gas de combustión G en la figura 1, pueden disponerse múltiples unidades de recuperación de calor 9 pueden en paralelo en la trayectoria de flujo del gas de combustión.

Una tubería de entrada 11a de agua de alimentación a través de la que se alimenta el medio de calentamiento a la unidad de recuperación de calor 9 y una tubería de salida 11b de agua de alimentación a través de la que la unidad de recuperación de calor 9 descarga el medio de calentamiento que ha recuperado calor constituyen una línea de circulación 11 del medio de calentamiento. Una válvula de control de temperatura CV1 del gas de combustión y un termómetro TE3 del medio de calentamiento están dispuestos en la tubería de entrada 11a de agua de alimentación para que estén adyacentes a las entradas de las tuberías de transferencia de calor de la unidad de recuperación de calor 9. La válvula de control de temperatura CV1 del gas de combustión controla la temperatura del gas a la salida de la unidad de recuperación de calor 9 en la trayectoria del flujo del gas de combustión controlando el caudal del medio de calentamiento. El termómetro TE3 del medio de calentamiento mide la temperatura del medio de calentamiento en la tubería de entrada 11a de agua de alimentación. Un primer caudalímetro FX1 de medio de calentamiento está dispuesto en la tubería de entrada 11a de agua de alimentación entre las uniones respectivas de la tubería de entrada 11a de agua de alimentación y una primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento y una segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento (que se explicará más adelante). El primer caudalímetro FX1 de medio de calentamiento mide el caudal del medio de calentamiento en la tubería de entrada 11a de agua de alimentación.

La primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento y la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento conectan la tubería de entrada 11a de agua de alimentación y la tubería de salida 11b de agua de alimentación, que están dispuestas entre la unidad de recuperación de calor 9 y la unidad de uso 10 del medio de calentamiento. La primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento conecta la tubería de entrada 11a de agua de alimentación y la tubería de salida 11b de agua de alimentación en una posición más cercana a la unidad de recuperación de calor 9 que a la unidad de uso 10 del medio de calentamiento. La segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento conecta la tubería de entrada 11a de agua de alimentación y la tubería de salida 11b de agua de alimentación en una posición más cercana a la unidad de uso 10 del medio de calentamiento que a la unidad de recuperación de calor 9.

Una bomba auxiliar 17 para alimentar el medio de calentamiento desde la tubería de salida 11b de agua de alimentación a la tubería de entrada 11a de agua de alimentación y una primera válvula de control de caudal CV2 del medio de calentamiento están dispuestas en la primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento. Una segunda válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento para controlar la cantidad de medio de calentamiento que fluye desde la tubería de entrada 11a de agua de alimentación a la tubería de salida 11b de agua de alimentación al tiempo que deriva la unidad de recuperación de calor 9 y un segundo caudalímetro FX2 de medio de calentamiento están dispuestos en la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento.

La unidad de recuperación de calor 9, que está dispuesta en la trayectoria del flujo del gas de combustión de la caldera, incluye un termómetro de entrada TE1 de gases de combustión y un termómetro de salida TE2 de gases de combustión.

En la presente realización, todos los resultados de medición de los termómetros TE1, TE2 y TE3 y de los caudalímetros FX1 y FX2 de medio de calentamiento se transmiten a un controlador 20. En función de los valores de medición, el controlador 20 transmite señales de operación a las válvulas de control CV1, CV2 y CV3, a la bomba auxiliar 17 y a la bomba de circulación 18.

La bomba auxiliar 17 dispuesta en la primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento alimenta el medio de calentamiento desde la tubería de salida 11b de agua de alimentación a través de la primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento hasta la tubería de entrada 11a de agua de alimentación. La segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento conecta una porción aguas arriba de la tubería de entrada 11a de agua de alimentación con respecto a la primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento y una porción aguas abajo de la tubería de salida 11b de agua de alimentación con respecto a la misma. De este modo, usando la bomba de circulación 18 dispuesta en la tubería de entrada 11a de agua de alimentación, el medio de calentamiento

se alimenta desde la tubería de entrada 11a de agua de alimentación a través de la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento a la tubería de salida 11b de agua de alimentación.

La segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento está provista de la segunda válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento. La segunda válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento controla el caudal del medio de calentamiento usando un valor obtenido al restar la cantidad de medio de calentamiento usado en la unidad de recuperación de calor 9 de una señal de solicitud de cantidad de alimentación de medio de calentamiento de una fuente de gas de combustión, tal como la caldera 1, como un valor establecido del caudal de derivación del medio de calentamiento en la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento. El caudal del medio de calentamiento en la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento se controla mientras se mide, usando el segundo caudalímetro FX2 de medio de calentamiento.

Específicamente, cuando el caudal del medio de calentamiento que fluye a través de la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento medido por el segundo caudalímetro FX2 de medio de calentamiento es mayor que el caudal del medio de calentamiento de derivación preestablecido de la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento, la segunda válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento (válvula de control de caudal del medio de calentamiento de derivación) se mueve en una dirección de cierre para reducir el caudal del medio de calentamiento de derivación. Cuando el caudal del medio de calentamiento que fluye a través de la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento es más bajo que el caudal establecido, la válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento de derivación se mueve en una dirección de apertura para aumentar el caudal del medio de calentamiento de derivación. De este modo, se controla el caudal del medio de calentamiento que fluye a través de la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento.

La válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento de derivación también detecta la temperatura del medio de calentamiento que fluye a través de la tubería de entrada 11a de agua de alimentación usando el termómetro TE3 del medio de calentamiento y controla la cantidad del medio de calentamiento de derivación, que se alimenta a través de la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento a la tubería de entrada 11a de agua de alimentación, de modo que la temperatura del medio de calentamiento se convierte en una temperatura preestablecida.

Además, cuando la temperatura del gas de combustión de entrada o salida de la unidad de recuperación de calor 9 se mide con los termómetros TE1 o TE2 (si hay múltiples unidades de recuperación de calor 9, el promedio de las temperaturas de los gases de combustión de las unidades de recuperación de calor 9 se mide mediante los termómetros TE1 o TE2) es mayor que la temperatura establecida de la unidad de recuperación de calor 9, la válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento de derivación se mueve en una dirección de cierre para reducir el caudal del medio de calentamiento de derivación que fluye a través del segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento; cuando la temperatura del gas de combustión medida por los termómetros TE1 o TE2 es menor que la temperatura establecida, la válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento de derivación se mueve en una dirección de apertura para aumentar el caudal del medio de calentamiento de derivación que fluye a través de la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento.

La apertura o el cierre de la válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento de derivación descritos anteriormente se controla realizando un control PI (proporcional-integral) sobre la diferencia entre la temperatura del gas de combustión establecida de la unidad de recuperación de calor 9 y la temperatura real del gas de combustión de la misma (la temperatura medida por los termómetros TE1 o TE2). Aunque no se muestra, el valor de la temperatura establecida con respecto a la carga de la caldera puede corregirse disponiendo un dispositivo de ajuste de desviación.

La temperatura a la entrada de la unidad de recuperación de calor 9 en la trayectoria del flujo del gas de combustión (en lo sucesivo, también denominada simplemente temperatura de entrada de la unidad de recuperación de calor 9) se mide con el termómetro TE1, o la temperatura a la salida de la unidad de recuperación de calor 9 en la trayectoria del flujo del gas de combustión (en adelante, también denominada simplemente temperatura de salida de la unidad de recuperación de calor 9) se mide con el termómetro TE2. Cuando la temperatura medida es inferior o igual que la temperatura establecida (por ejemplo, 90 ºC), la válvula de control de temperatura CV1 del gas de combustión en la tubería de entrada 11a de agua de alimentación se mantiene cerrada, ya que no hay necesidad de intercambiar calor entre el gas de combustión y el medio de calentamiento en la unidad de recuperación de calor 9.

La temperatura establecida del gas de combustión en la trayectoria del flujo de gas de combustión en la que está dispuesta la unidad de recuperación de calor 9 puede establecerse voluntariamente de acuerdo con la carga de la caldera. Por lo tanto, se realizan ajustes a la temperatura promedio en la región en la que está dispuesta la unidad de recuperación de calor 9, de la trayectoria del flujo del gas de combustión que se mantendrá a la temperatura establecida.

Como la temperatura del gas de combustión es baja durante el arranque de la caldera 1, es necesario recuperar el calor del gas de combustión de la caldera cuando la unidad de recuperación de calor 9 se incluye en la configuración anterior durante dicho período, al tiempo que se impide que el interior de la trayectoria del flujo de gas de

combustión aguas abajo de la unidad de recuperación de calor 9 se corroa debido a la condensación y también es necesario mantener de manera estable la temperatura del medio de calentamiento que fluye a través de la unidad de recuperación de calor 9.

Por estas razones, aunque la temperatura del gas de combustión que fluye a través de la unidad de recuperación de calor 9 aumenta después del arranque de la caldera 1, si la temperatura de entrada o salida del gas de combustión de la unidad de recuperación de calor es de 90 ºC o menos, la válvula de control de temperatura CV1 del gas de combustión está cerrada, y la segunda válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento está completamente abierta, incluso después de poner en marcha la bomba de circulación 18 en la línea de circulación 11 del medio de calentamiento.

Cuando la temperatura del gas de combustión a la entrada de la unidad de recuperación de calor 9 supera los 90 ºC, la válvula de control de temperatura CV1 del gas de combustión se abre con el grado de apertura que está preestablecido con respecto a la temperatura del gas de combustión a la entrada de la unidad de recuperación de calor 9 de acuerdo con el ajuste del programa. Cuando la temperatura del gas de combustión a la entrada de la unidad de recuperación de calor 9 es superior a 90 ºC, pero la temperatura del gas de combustión a la salida de la misma es inferior a 90 ºC (en este momento, la temperatura del medio de calentamiento a la entrada de la unidad de recuperación de calor 9 es menor que la temperatura establecida de 72 ºC), la válvula de control de temperatura CV1 del gas de combustión está cerrada, y la segunda válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento en la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento está completamente abierta para que la temperatura de salida del gas de combustión de la unidad de recuperación de calor 9 aumente rápidamente a 90 ºC o más.

Posteriormente, al abrir la primera válvula de control de caudal CV2 del medio de calentamiento, que controla el caudal del medio de calentamiento en la primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento, y al operar la bomba auxiliar 17, el medio de calentamiento que tiene una temperatura relativamente alta de la salida de la unidad de recuperación de calor 9 pasa a través de la primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento y se hace circular y se alimenta a la entrada de la unidad de recuperación de calor 9. Por lo tanto, es posible impedir que el interior de la trayectoria del flujo de gas de combustión aguas abajo de la unidad de recuperación de calor 9 se corroa debido a la condensación, así como mantener de manera estable la temperatura del medio de calentamiento que fluye a través de la unidad de recuperación de calor 9.

Cuando la temperatura de salida del gas de combustión de la unidad de recuperación de calor 9 supera los 90 ºC, no hay preocupación de que pueda producirse condensación en la unidad de recuperación de calor 9 y en el interior de la trayectoria del flujo de gas de combustión aguas abajo de la misma. Por consiguiente, la primera válvula de control del caudal CV2 del medio de calentamiento, que controla el caudal del medio de calentamiento en la primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento, está cerrada.

Haciendo referencia a un cuadro de flujo mostrado en la figura 3, se describirá un proceso de control del caudal del medio de calentamiento realizado desde el arranque de la caldera hasta cuando la temperatura de salida del gas de combustión de la unidad de recuperación de calor 9 aumenta a 90 ºC o más.

Primero, se arranca la bomba de circulación 18, y la válvula de control del caudal CV3 del medio de calentamiento de derivación (segunda válvula de control de caudal del medio de calentamiento) en la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento está completamente abierta. Por lo tanto, toda el agua de alimentación (medio de calentamiento) que fluye en la tubería de entrada 11a de agua de alimentación fluye a través de la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento al tiempo que deriva la unidad de recuperación de calor 9. Y posteriormente, siempre y cuando la temperatura del gas de combustión medida por el termómetro TE1 dispuesto en la entrada de gas de combustión de la unidad de recuperación de calor 9 o el termómetro TE2 dispuesto en la salida de gas de combustión de la misma sea de 90 ºC o menos, la unidad de recuperación de calor 9 no tiene que intercambiar el calor del gas de combustión. Por consiguiente, la válvula de control de temperatura CV1 del gas de combustión en la tubería de entrada 11a de agua de alimentación se mantiene cerrada.

Cuando la temperatura del gas de combustión en la entrada o en la salida de la unidad de recuperación de calor 9 (la temperatura del gas de combustión medida por los termómetros TE1 o TE2) excede los 90 ºC, la válvula de control de temperatura CV1 del gas de combustión se abre con un grado de apertura predeterminado, y la segunda válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento se mueve en una dirección de cierre. En ese momento, la segunda válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento se controla en una dirección de cierre de modo que parte del medio de calentamiento alimentado desde la bomba de circulación 18 a la unidad de recuperación de calor 9 fluya a través de la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento.

En ese momento, la válvula de control de temperatura CV1 del gas de combustión se controla para comenzar a abrirse ligeramente y, simultáneamente, la segunda válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento se controla para comenzar a cerrarse, el grado de apertura de la válvula de control de temperatura CV1 del gas de combustión aumenta a medida que aumenta la temperatura del gas de combustión, y la cantidad del medio de calentamiento que fluye a través de la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento se controla para

reducirla en comparación con la cantidad del medio de calentamiento alimentado desde la bomba de circulación 18. Cuando la válvula de control de temperatura CV1 del gas de combustión se abre a un grado de apertura predeterminado; y cuando la cantidad del medio de calentamiento alimentado desde la bomba de circulación 18 se iguala a la cantidad del medio de calentamiento alimentado a la unidad de recuperación de calor 9, la segunda válvula de control del caudal CV3 del medio de calentamiento está completamente cerrada.

Sin embargo, cuando la cantidad del medio de calentamiento que fluye desde la bomba de circulación 18 hacia la línea de circulación 11 del medio de calentamiento excede la cantidad del medio de calentamiento alimentado a la unidad de recuperación de calor 9, la segunda válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento se mantiene con un grado de apertura predeterminado de manera que el medio de calentamiento se hace circular a la unidad de uso 10 del medio de calentamiento a través de la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento.

Posteriormente, cuando se confirma que la cantidad del medio de calentamiento que fluye a través de la tubería de entrada 11a de agua de alimentación ha alcanzado un caudal predeterminado (por ejemplo, 250 m^3/h) o más, usando el primer caudalímetro FX1 del medio de calentamiento, la bomba auxiliar 17 dispuesta en la primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento arranca automáticamente. Por lo tanto, el medio de calentamiento de la salida de la unidad de recuperación de calor 9 puede alimentarse a la entrada de la misma a través de la primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento. Téngase en cuenta que una bomba auxiliar de respaldo 17' puede estar dispuesta en una posición paralela a la bomba auxiliar 17.

Cuando la bomba auxiliar 17 está en operación, se impide que el grado de apertura de la primera válvula de control de caudal CV2 del medio de calentamiento se convierta en el grado de apertura mínimo o menos. Por lo tanto, se impide que la primera válvula de control de caudal CV2 del medio de calentamiento se cierre completamente.

La primera válvula de control de caudal CV2 del medio de calentamiento controla el caudal del medio de calentamiento de modo que la temperatura detectada por el termómetro TE3 del medio de calentamiento dispuesto en la tubería de entrada 11a de agua de alimentación se convierta en una temperatura predeterminada (por ejemplo, 72 ºC). Específicamente, cuando la temperatura detectada por el termómetro TE3 del medio de calentamiento cae por debajo de 72 ºC, parte del medio de calentamiento calentado por la unidad de recuperación de calor 9 pasa a través de la línea de derivación 13 del medio de calentamiento y se agrega al medio de calentamiento que fluye a través del la tubería de entrada 11a de agua de alimentación mediante la bomba auxiliar 17. Por lo tanto, la temperatura del medio de calentamiento que fluye a través de la tubería de entrada 11a de agua de alimentación aumenta.

Además, al hacer circular el medio de calentamiento calentado por la unidad de recuperación de calor 9 a la unidad de recuperación de calor 9 a través de la primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento con la primera válvula de control de caudal CV2 del medio de calentamiento abierta, es posible aumentar la temperatura del medio de calentamiento y, por lo tanto, mantener la temperatura de salida del gas de combustión de la unidad de recuperación de calor 9 un poco alta demás.

Cuando la temperatura medida por los termómetros TE1 o TE2 llega a ser superior a 90 ºC por una temperatura predeterminada (2 ºC), la primera válvula de control de caudal CV2 del medio de calentamiento se cierra, y simultáneamente la bomba auxiliar 17 se detiene, o el medio de calentamiento se alimenta a una línea de flujo mínimo (no mostrada). Por lo tanto, el medio de calentamiento calentado por la unidad de recuperación de calor 9 se alimenta a otra unidad de uso 10 del medio de calentamiento (no mostrada) sin fluir a través de la primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento, y el calor se transfiere en la otra unidad de uso 10 del medio de calentamiento.

Como se muestra en la figura 4, después de que la temperatura del medio de calentamiento detectada por el termómetro TE3 del medio de calentamiento dispuesto en la tubería de entrada 11a de agua de alimentación se controle para convertirse en la temperatura predeterminada (por ejemplo, 72 ºC), la primera válvula de control de caudal CV2 del medio de calentamiento puede operarse de la siguiente manera.

Es decir, cuando la temperatura del medio de calentamiento detectada por el termómetro TE3 del medio de calentamiento cae por debajo de 72 ºC, parte del medio de calentamiento calentado por la unidad de recuperación de calor 9 pasa a través de la primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento y se agrega al medio de calentamiento que fluye a través del tubería de entrada 11a de agua de alimentación mediante la bomba auxiliar 17. De este modo, la temperatura del medio de calentamiento que fluye a través de la tubería de entrada 11a de agua de alimentación aumenta, de modo que la temperatura detectada por el termómetro TE3 del medio de calentamiento supera los 72 ºC. Cuando la temperatura detectada por el primer termómetro TE3 del medio de calentamiento supera los 72 ºC, se inicia la operación para cerrar la primera válvula de control de caudal CV2 del medio de calentamiento; entonces la bomba auxiliar 17 se detiene; y luego se cierra la primera válvula de control de caudal CV2 del medio de calentamiento .

De acuerdo con la serie de etapas mostrada en las figuras 3 y 4, durante el arranque de la caldera, durante el que la temperatura del gas de combustión es baja, se impide que el medio de calentamiento cuya temperatura es baja se alimente a la unidad de recuperación de calor 9. Por lo tanto, se impide que el interior de la trayectoria del flujo de gas de combustión aguas abajo de la unidad de recuperación de calor 9 se corroa debido a la condensación. Además, cuando la temperatura del gas de combustión es la temperatura predeterminada o más, incluso si la temperatura del medio de calentamiento alimentado desde la línea de circulación 11 del medio de calentamiento a la unidad de recuperación de calor 9 mediante la bomba de circulación 18 se reduce a la temperatura predeterminada o menos, es posible impedir que el interior de la trayectoria del flujo de gas de combustión aguas abajo de la unidad de recuperación de calor 9 se corroa debido a la condensación, así como mantener estable la temperatura del medio de calentamiento que fluye a través de la unidad de recuperación de calor 9 .

[Segunda realización]

En el aparato de tratamiento de gases de combustión de la primera realización, durante el arranque de la caldera 1, la segunda válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento en la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento está completamente abierta para hacer circular el medio de calentamiento a través de la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento. Cuando la temperatura del gas de combustión medida por los termómetros TE1 o TE2 dispuestos en la entrada o en la salida de la unidad de recuperación de calor 9 en la trayectoria del flujo de gas de combustión es inferior a la temperatura preestablecida (por ejemplo, 90 ºC), la válvula de control de temperatura CV1 del gas de combustión en la línea de circulación 11 del medio de calentamiento se mantiene cerrada. El medio de calentamiento confinado dentro de la unidad de recuperación de calor (enfriador de gas) 9 recupera el calor del gas de combustión y, por lo tanto, se calienta gradualmente. Sin embargo, cuando la temperatura del medio de calentamiento alcanza una cierta temperatura, el medio de calentamiento puede inflamarse (vaporizarse) y, por lo tanto, causar un fenómeno de golpe de ariete, que puede dañar los tuberías de transferencia de calor en la unidad de recuperación de calor 9.

La presente realización es una configuración para operar de manera estable una unidad de recuperación de calor (enfriador de gas) 9 durante el arranque de una caldera, sin causar un fenómeno de golpe de ariete. Como se muestra en la figura 5, esta configuración se caracteriza por que se dispone adicionalmente una tercera línea de derivación 19 del medio de calentamiento en la configuración mostrada en la figura 2.

La tercera línea de derivación 19 del medio de calentamiento se dispone en paralelo con una primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento y una segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento y conectan una tubería de entrada 11a de agua de alimentación y una tubería de salida 11b de agua de alimentación de una línea de circulación 11 del medio de calentamiento de modo que el medio de calentamiento de la salida de un unidad de uso 10 del medio de calentamiento se devuelve a la entrada de la misma al tiempo que deriva el enfriador de gas 9, la primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento y la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento.

Una primera válvula de encendido/apagado 21 está dispuesta en la tercera línea de derivación 19 del medio de calentamiento. Una segunda válvula de encendido/apagado 22 está dispuesta en la tubería de entrada 11a de agua de alimentación entre la unión de la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento y la tubería de entrada 11a de agua de alimentación y la unión de la tercera línea de derivación 19 del medio de calentamiento y la tubería de entrada 11a de agua de alimentación. Una tercera válvula de encendido/apagado 23 está dispuesta en la tubería de salida 11b de agua de alimentación entre la unión de la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento y la tubería de salida 11b de agua de alimentación y la unión de la tercera línea de derivación 19 del medio de calentamiento y la tubería de salida 11b de agua de alimentación.

Como en la configuración mostrada en la figura 2, las bombas auxiliares 17 y 17' están dispuestas en paralelo en la primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento. Una bomba de circulación 18 para circular y alimentar el medio de calentamiento al enfriador de gas 9 está dispuesta en la tubería de entrada 11a de agua de alimentación aguas arriba de la unión de la tercera línea de derivación 19 del medio de calentamiento y la tubería de entrada 11a de agua de alimentación.

Además, como en la configuración de la primera realización, un primer termómetro TE1 de gases de combustión para medir la temperatura del gas de combustión está dispuesto adyacente a la entrada del enfriador de gas 9 en la trayectoria del flujo del gas de combustión; un segundo termómetro TE2 de gases de combustión para medir la temperatura del gas de combustión está dispuesto adyacente a la salida del enfriador de gas 9 en la trayectoria del flujo del gas de combustión; y un termómetro TE3 del medio de calentamiento para medir la temperatura del medio de calentamiento en la línea de circulación 11 del medio de calentamiento está dispuesto adyacente a la entrada del enfriador de gas 9.

Como en la configuración mostrada en la figura 2, en la configuración mostrada en la figura 5 las señales medidas por los termómetros TE1 y TE2 de gases de combustión y el termómetro TE3 del medio de calentamiento también se introducen en un controlador 20. En función de esta información, el controlador 20 envía señales a las válvulas de control de temperatura CV1, CV2 y CV3 del gas de combustión y a las válvulas de encendido/apagado 21, 22 y 23.

Un método para operar un aparato de tratamiento de gases de combustión que tiene la configuración anterior y se usa en un aparato de combustión que incluye una caldera 1 durante el arranque de un aparato de combustión que incluye una caldera 1 o inmediatamente después de encender los quemadores del aparato de combustión incluye:

(a) abrir completamente la primera válvula de encendido/apagado 21, cerrar completamente la segunda válvula de encendido/apagado 22 y la tercera válvula de encendido/apagado 23, poner en marcha la bomba de circulación 18 en la línea de circulación 11 del medio de calentamiento, y hacer circular el medio de calentamiento entre la tercera línea de derivación 19 del medio de calentamiento y la unidad de uso 10 del medio de calentamiento;
(b) cuando la temperatura del gas de combustión medida por el primer termómetro TE1 de gases de combustión o por el segundo termómetro TE2 de gases de combustión dispuestos en la entrada o en la salida de la unidad de recuperación de calor (enfriador de gas) 9 en la trayectoria del flujo del gas de combustión sea menor que una temperatura predeterminada (el punto de condensación de los componentes corrosivos en el gas de combustión; por ejemplo, 90 ºC), abrir completamente la primera válvula de encendido/apagado 21 en la tercera línea de derivación 19 del medio de calentamiento, mantener completamente cerrada la segunda válvula de encendido/apagado 22 y la tercera válvula de encendido/apagado 23 en la línea de circulación 11 del medio de calentamiento, abrir la válvula de control de temperatura CV1 del gas de combustión en la línea de circulación 11 del medio de calentamiento y la segunda válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento para que el medio de calentamiento circule naturalmente entre la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento y la unidad de recuperación de calor 9; y
(c) cuando la temperatura del gas de combustión medida por el primer termómetro TE1 de gases de combustión o por el segundo termómetro TE2 de gases de combustión en la entrada o en la salida de la unidad de recuperación de calor 9 en la trayectoria del flujo del gas de combustión sea mayor que la temperatura preestablecida (90 ºC), abrir la segunda válvula de encendido/apagado 22 y la tercera válvula de encendido/apagado 23, cerrar la primera válvula de encendido/apagado 21 y simultáneamente comenzar a cerrar la segunda válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento de la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento para comenzar a hacer circular el medio de calentamiento entre la unidad de recuperación de calor 9 y la unidad de uso 10 del medio de calentamiento a través de la línea de circulación 11 del medio de calentamiento.

Puede emplearse un método de operación de un aparato de tratamiento de gases de combustión que incluye, en lugar del anterior (b), cuando la temperatura del gas de combustión medida por el primer termómetro T1 de gases de combustión o por el segundo termómetro TE2 de gases de combustión sea inferior menor que la temperatura preestablecida (el punto de condensación de los componentes corrosivos en el gas de combustión; por ejemplo, 90 ºC), abrir la válvula de control de temperatura CV1 del gas de combustión y abrir la segunda válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento en la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento para hacer circular el medio de calentamiento entre la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento y la unidad de recuperación de calor (enfriador de gas) 9, abrir aún más la primera válvula de control de caudal CV2 del medio de calentamiento en la primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento, y poner en marcha la bomba auxiliar 17 para hacer circular a la fuerza el medio de calentamiento entre la primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento y la unidad de recuperación de calor 9.

Con referencia a los cuadros de flujo mostrados en las figuras 6 y 7, se describirá un proceso de control del caudal del medio de calentamiento de acuerdo con la segunda realización, que se realiza hasta que la temperatura de salida del gas de combustión de la unidad de recuperación de calor 9 sea de 90 ºC o más durante el arranque de los aparatos de combustión que incluyen la caldera 1 o inmediatamente después de encender el aparato de combustión.

Las etapas de control iniciales incluyen abrir completamente la primera válvula de encendido/apagado 21, cerrar completamente la segunda válvula de encendido/apagado 22 y la tercera válvula de encendido/apagado 23 en la línea de circulación 11 del medio de calentamiento, y poner en marcha la bomba de circulación 18 para que el medio de calentamiento que fluye hacia la tubería de salida 11b de agua de alimentación circule a través de la tercera línea de derivación 19 del medio de calentamiento, de la unidad de uso 10 del medio de calentamiento y de la tubería de entrada 11a de agua de alimentación.

Las etapas de control posteriores incluyen etapas de acuerdo con el flujo de la figura 6 y etapas de acuerdo con el flujo de la figura 7.

Primero, se describirán las etapas de control de acuerdo con el flujo de la figura 6. Las etapas de control incluyen cuando la temperatura del gas de combustión medida por el primer termómetro TE1 de gases de combustión o por el segundo termómetro TE2 de gases de combustión dispuestos en la entrada o en la salida del enfriador de gas 9 en la trayectoria del flujo del gas de combustión es menor o igual que la temperatura preestablecida (el punto de condensación de los componentes corrosivos en el gas de combustión; por ejemplo, 90 ºC), abrir la válvula de control de temperatura CV1 del gas de combustión en la línea de circulación 11 del medio de calentamiento y abrir la segunda válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento en la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento, de modo que el medio de calentamiento en el enfriador de gas 9 circule naturalmente entre el enfriador de gas 9 y la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento.

Las etapas de control también incluyen cuando la temperatura del gas de combustión medida por el primer termómetro T1 de gases de combustión o por el segundo termómetro TE2 de gases de combustión en la entrada o en la salida de la unidad de recuperación de calor 9 en la trayectoria del flujo del gas de combustión llega a ser mayor que la temperatura preestablecida (por ejemplo, 90 ºC), cerrar completamente la primera válvula de encendido/apagado 21 en la tercera línea de derivación 19 del medio de calentamiento, abrir completamente la segunda válvula de encendido/apagado 22 y la tercera válvula de encendido/apagado 23 en la línea de circulación 11 del medio de calentamiento, abrir la válvula de control de temperatura CV1 del gas de combustión en la línea de circulación 11 del medio de calentamiento, y comenzar a cerrar la segunda válvula de control del caudal CV3 del medio de calentamiento, de modo que los caudales del medio de calentamiento que fluyen a través de las líneas de derivación 13 y 15 del medio de calentamiento se reduzcan gradualmente.

De este modo, durante el arranque de la caldera, es posible evitar un aumento del tiempo en el que la temperatura del gas de combustión es baja y, por lo tanto, se genera un ambiente corrosivo. Además, controlando los grados de apertura de la válvula de control de temperatura CV1 del gas de combustión y de la segunda válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento en el sistema de enfriamiento de gas (todo el sistema de circulación del medio de calentamiento entre la unidad de recuperación de calor 9 y la unidad de uso 10 del medio de calentamiento), es posible reducir el riesgo de que, durante el arranque de la caldera 1, el medio de calentamiento calentado por el calor que sale de la salida del precalentador de aire 3 pueda convectarse naturalmente y el medio de calentamiento dentro del enfriador de gas 9 puede calentarse localmente e inflamarse (vaporizarse).

A continuación, se describirán las etapas de control de acuerdo con el flujo de la figura 7.

Las etapas de control incluyen cuando la temperatura del gas de combustión medida por el primer termómetro TE1 de gases de combustión o por el segundo termómetro TE2 de gases de combustión en la entrada o en la salida del enfriador de gas 9 en la trayectoria del flujo del gas de combustión es menor o igual que la temperatura preestablecida (el punto de condensación de los componentes corrosivos en el gas de combustión; por ejemplo, 90 ºC), abrir la válvula de control de temperatura CV1 del gas de combustión en la línea de circulación 11 del medio de calentamiento y la segunda válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento en la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento y abrir la primera válvula de control de caudal CV2 del medio de calentamiento en la primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento de modo que el agua de alimentación (medio de calentamiento) circule entre el enfriador de gas 9, la primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento y la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento. Como la bomba auxiliar 17 está dispuesta en la primera línea de derivación 13 del medio de calentamiento, el medio de calentamiento puede circular más suavemente entre la unidad de recuperación de calor 9 y la unidad de uso 10 del medio de calentamiento usando unidad 10 poniendo en marcha la bomba auxiliar 17.

Las etapas de control también incluyen cuando la temperatura del gas de combustión medida por el primer termómetro TE1 de gases de combustión o por el segundo termómetro TE2 de gases de combustión en la entrada o en la salida del enfriador de gas 9 en la trayectoria del flujo del gas de combustión llega a ser mayor que la temperatura preestablecida (por ejemplo, 90 ºC), cerrar completamente la primera válvula de encendido/apagado 21 en la tercera línea de derivación 19 del medio de calentamiento, abrir completamente la segunda válvula de encendido/apagado 22 y la tercera válvula de encendido/apagado 23 en la línea de circulación 11 del medio de calentamiento, comenzar a abrir la válvula de control de temperatura CV1 del gas de combustión, detener la operación de la bomba auxiliar 17, y simultáneamente comenzar a cerrar la primera válvula de control del caudal CV2 del medio de calentamiento y la segunda válvula de control del caudal CV3 del medio de calentamiento d manera que los caudales del medio de calentamiento que fluye a través de las líneas de derivación 13 y 15 del medio de calentamiento se reducen gradualmente.

Alternativamente, puede disponerse una segunda válvula de control de caudal CV3 del medio de calentamiento, como se muestra en la figura 8, en lugar de la bomba auxiliar 17' de la figura 5, que es un respaldo de la bomba auxiliar 17. Por lo tanto, la segunda línea de derivación 15 del medio de calentamiento puede eliminarse. Incluso en este caso, pueden obtenerse efectos ventajosos similares a los de la configuración de la figura 5.

Descripción de los signos de referencia

1	Caldera
2	Unidad de desnitrificación
3	Precalentador de aire
4	Precipitador electrostático
5	Ventilador de tiro inducido
6	Unidad de desulfuración
7	Ventilador de refuerzo
8	Chimenea
9	Unidad de recuperación de calor
10	Unidad de uso del medio de calentamiento

11a	Tubería de entrada de agua de alimentación
11b	Tubería de salida de agua de alimentación
13	Primera línea de derivación del medio de calentamiento
15	Segunda línea de derivación del medio de calentamiento
17, 17’	Bomba auxiliar
18	Bomba de circulación
19	Tercera línea de derivación del medio de calentamiento
20	Controlador
21	Primera válvula de encendido/apagado
22	Segunda válvula de encendido/apagado
23	Tercera válvula de encendido/apagado
CV1	Válvula de control de temperatura del gas de combustión
CV2	Primera válvula de control del caudal del medio de calentamiento
CV3	Segunda válvula de control del caudal del medio de calentamiento (válvula de control del caudal del medio de calentamiento de derivación)
TE1, TE2	Termómetro de gas
TE3	Termómetro de medio de calentamiento

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de tratamiento de gases de combustión, en el que un precipitador (4) capaz de tratar un polvo que contiene gases de combustión de un aparato de combustión que incluye una caldera (1) y una unidad de desulfuración (6) capaz de tratar óxidos de azufre que contienen gases de combustión dispuestos secuencialmente desde un lado aguas arriba de una trayectoria del flujo del gas de combustión, que comprende:

una unidad de recuperación de calor (9) conectada a la trayectoria del flujo del gas de combustión en una entrada del precipitador (4),
una unidad de uso (10) del medio de calentamiento conectada a una región independiente de la trayectoria del flujo del gas de combustión,
una línea de circulación (11) del medio de calentamiento, a través de la que un medio de calentamiento es capaz de circular y alimentarse, está conectada entre la unidad de recuperación de calor (9) y la unidad de uso (10) del medio de calentamiento,
una válvula de control de temperatura (CV1) del gas de combustión para controlar la temperatura del gas de combustión que pasa a través de la trayectoria del flujo del gas de combustión conectada a la línea de circulación (11) del medio de calentamiento,
una primera línea de derivación (13) del medio de calentamiento capaz de permitir que el medio de calentamiento de una salida de la unidad de recuperación de calor (9) circule hacia una entrada de la unidad de recuperación de calor (9) al tiempo que deriva la unidad de uso (10) del medio de calentamiento conectada a la línea de circulación (11) del medio de calentamiento,
una primera válvula de control del caudal (CV2) del medio de calentamiento conectada a la primera línea de derivación (13) del medio de calentamiento,
una segunda línea de derivación (15) del medio de calentamiento capaz de permitir que el medio de calentamiento de una salida de la unidad de uso (10) del medio de calentamiento vuelva a una entrada de la unidad de uso (10) del medio de calentamiento al tiempo que deriva la unidad de recuperación de calor (9) y la primera línea de derivación (13) del medio de calentamiento conectada a la línea de circulación (11) del medio de calentamiento,
una segunda válvula de control de caudal (CV3) del medio de calentamiento conectada a la segunda línea de derivación (15) del medio de calentamiento,
caracterizado por que:

una bomba auxiliar (17) capaz de alimentar el medio de calentamiento desde la salida de la unidad de recuperación de calor (9) a la entrada de la unidad de recuperación de calor (9) conectada a la primera línea de derivación (13) del medio de calentamiento,
una bomba de circulación (18) capaz de hacer circular y alimentar el medio de calentamiento 10 a la unidad de recuperación de calor (9) conectada a la línea de circulación (11) del medio de calentamiento aguas arriba de una unión de la línea de circulación (11) del medio de calentamiento y la segunda línea de derivación (15) del medio de calentamiento,
un primer termómetro (TE1) de gases de combustión que mide la temperatura de los gases de combustión está dispuesto en la entrada de la unidad de recuperación de calor (9) en la trayectoria del flujo del gas de combustión,
un segundo termómetro (TE2) de gases de combustión capaz de medir la temperatura de los gases de combustión está dispuesto en la salida de la unidad de recuperación de calor (9) que une la trayectoria del flujo del gas de combustión, y
un termómetro (TE3) del medio de calentamiento capaz de medir la temperatura del medio de calentamiento está dispuesto en la línea de circulación (11) del medio de calentamiento en la entrada de la unidad de recuperación de calor (9).

2. Un método para operar el aparato de tratamiento de gases de combustión de la reivindicación 1, en el que durante el arranque o inmediatamente después de la ignición, el método incluye:

(a) poner en marcha la bomba de circulación (18) y abrir completamente la segunda válvula de control del caudal (CV3) del medio de calentamiento para hacer circular el medio de calentamiento a través de la segunda línea de derivación (15) del medio de calentamiento;
(b) cuando la temperatura del gas de combustión medida por el primer termómetro (TE1) de gases de combustión o la temperatura del gas de combustión medida por el segundo termómetro (TE2) de gases de combustión es inferior a una temperatura preestablecida, la válvula de control de temperatura (CV1) del gas de combustión que une la línea de circulación (11) del medio de calentamiento se mantiene cerrada;
(c) cuando la temperatura del gas de combustión medida por el primer termómetro (TE1) de gases de combustión o la temperatura del gas de combustión medida por el segundo termómetro (TE2) de gases de combustión llega a ser mayor que la temperatura preestablecida, comenzar a abrir la válvula de control de temperatura (CV1) del gas de combustión para comenzar a hacer circular el medio de calentamiento a través de la línea de circulación (11) del medio de calentamiento y simultáneamente comenzar a cerrar la segunda válvula de control del caudal (CV3) del medio de calentamiento;

(d) comenzar a abrir la primera válvula de control del caudal (CV2) del medio de calentamiento con la segunda válvula de control del caudal (CV3) del medio de calentamiento no completamente cerrada y poner en marcha simultáneamente la bomba auxiliar (17) para alimentar el medio de calentamiento en la primera línea de derivación (13) del medio de calentamiento;

(e) controlar el grado de apertura de la primera válvula de control de caudal (CV2) del medio de calentamiento para que la temperatura del medio de calentamiento no caiga por debajo de una temperatura especificada, sobre la base de la temperatura del medio de calentamiento medida por el termómetro (TE3) de medio de calentamiento; y

(f) cuando la temperatura del gas de combustión medida por el primer termómetro (TE1) de gases de combustión o la temperatura del gas de combustión medida por el segundo termómetro (TE2) de gases de combustión o la temperatura del medio de calentamiento medida por el termómetro (TE3) de medio de calentamiento llega a ser mayor que la temperatura preestablecida por una temperatura predeterminada, detener la operación de la bomba auxiliar (17) y posteriormente cerrar la primera válvula de control del caudal (CV2) del medio de calentamiento.

3. Un aparato de tratamiento de gases de combustión de acuerdo con la reivindicación 1, en el que:

una tercera línea de derivación (19) del medio de calentamiento capaz de permitir que el medio de calentamiento de la salida de la unidad de uso (10) del medio de calentamiento vuelva a la entrada de la unidad de uso (10) del medio de calentamiento al tiempo que deriva la unidad de recuperación de calor (9), la primera línea de derivación (13) del medio de calentamiento y la segunda línea de derivación (15) del medio de calentamiento,

una primera válvula de encendido/apagado (21) conectada a la tercera línea de derivación (19) del medio de calentamiento,

una segunda válvula de encendido/apagado (22) conectada a la línea de circulación (11) del medio de calentamiento entre una unión de la línea de circulación (11) del medio de calentamiento y la segunda línea de derivación (15) del medio de calentamiento y una unión de la línea de circulación (11) del medio de calentamiento y la tercera línea de derivación (19) del medio de calentamiento,

una tercera válvula de encendido/apagado (23) conectada a la línea de circulación (11) del medio de calentamiento entre una unión de la línea de circulación (11) del medio de calentamiento y la segunda línea de derivación (15) del medio de calentamiento y una unión de la línea de circulación (11) del medio de calentamiento y la tercera línea de derivación (19) del medio de calentamiento, y

la segunda válvula de encendido/apagado (22) y la tercera válvula de encendido/apagado (23) están dispuestas aguas arriba y aguas abajo, respectivamente, en la línea de circulación (11) del medio de calentamiento.

4. Un método para operar un aparato de tratamiento de gases de combustión de acuerdo con la reivindicación 2,

(a) abrir completamente la primera válvula de encendido/apagado (21), cerrar completamente la segunda válvula de encendido/apagado (22) y la tercera válvula de encendido/apagado (23), y poner en marcha la bomba de circulación (18) para hacer circular el medio de calentamiento entre la tercera línea de derivación (19) del medio de calentamiento y la unidad de uso (10) del medio de calentamiento;

(b) cuando la temperatura del gas de combustión medida por el primer termómetro (TE1) de gases de combustión o la temperatura del gas de combustión medida por el segundo termómetro (TE2) de gases de combustión es menor que una temperatura preestablecida, abrir la válvula de control de temperatura (CV1) del gas de combustión y abrir la segunda válvula de control del caudal (CV3) del medio de calentamiento para que el medio de calentamiento circule normalmente entre la segunda línea de derivación (15) del medio de calentamiento y la unidad de recuperación de calor (9); y

(cuando la temperatura del gas de combustión medida por el primer termómetro (TE1) de gases de combustión o la temperatura del gas de combustión medida por el segundo termómetro (TE2) de gases de combustión llega a ser mayor que la temperatura preestablecida, abrir la segunda válvula de encendido/apagado (22) y la tercera válvula de encendido/apagado (23), cerrar la primera válvula de encendido/apagado (21) y simultáneamente comenzar a cerrar la primera válvula de control del caudal (CV2) del medio de calentamiento en la primera línea de derivación (13) del medio de calentamiento y la segunda válvula de control del caudal (CV3) del medio de calentamiento en la segunda línea de derivación (15) del medio de calentamiento para comenzar a hacer circular el medio de calentamiento entre la unidad de recuperación de calor (9) y la unidad de uso (10) del medio de calentamiento a través de la línea de circulación (11) del medio de calentamiento.

5. Un método para operar un aparato de tratamiento de gases de combustión de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende, en lugar de la etapa (b),

(d) cuando la temperatura del gas de combustión medida por el primer termómetro (TE1) de gases de combustión o la temperatura del gas de combustión medida por el segundo termómetro (TE2) de gases de combustión es menor que una temperatura preestablecida, abrir la válvula de control de temperatura (CV1) del gas de combustión, abrir la segunda válvula de control de caudal (CV3) del medio de calentamiento para hacer circular el medio de calentamiento entre la segunda línea de derivación (15) del medio de calentamiento y la unidad de recuperación de calor (9), comprendiendo el método además

abrir la primera válvula de control del caudal (CV2) del medio de calentamiento y poner en marcha la bomba auxiliar (17) para hacer circular a la fuerza el medio de calentamiento entre la primera línea de derivación (13) del medio de calentamiento y la unidad de recuperación de calor (9).

FIG. 1

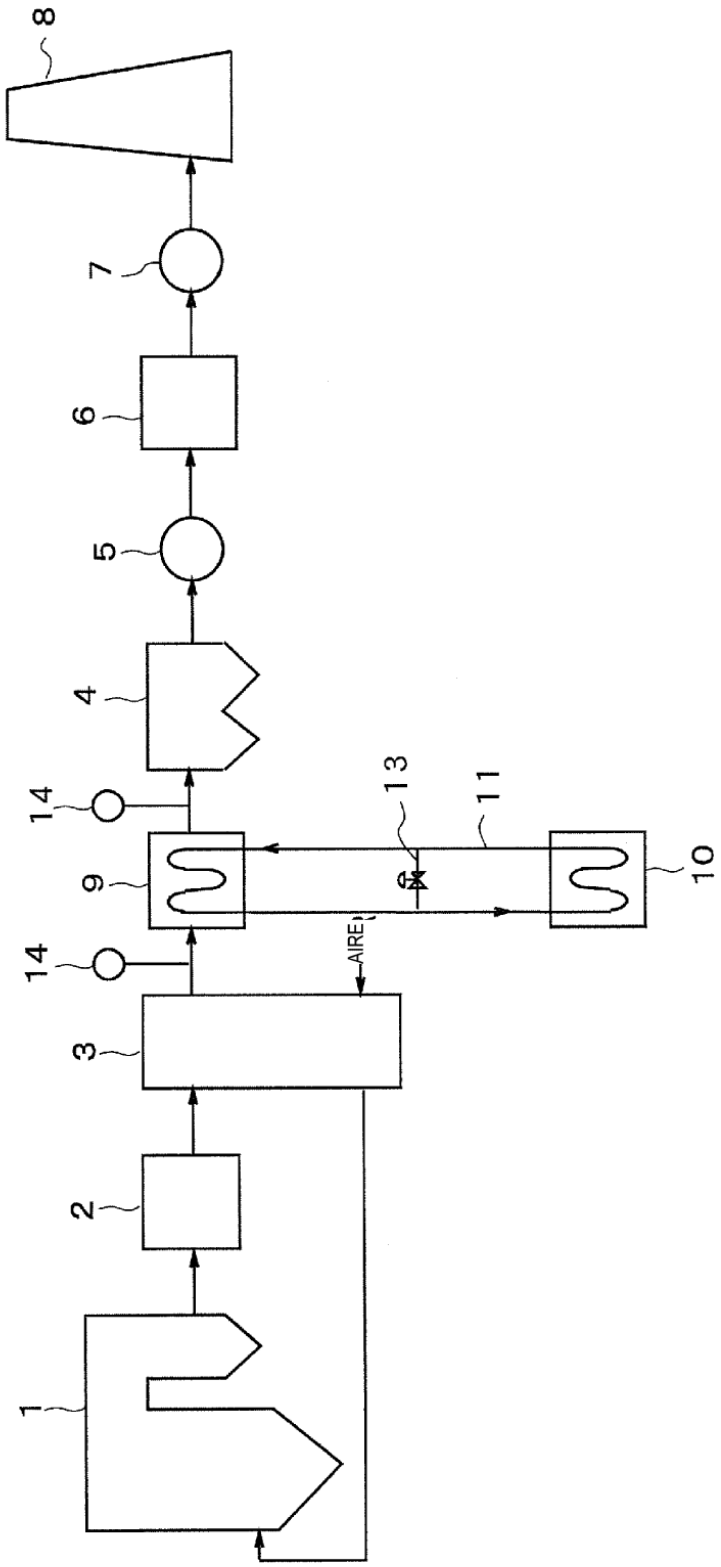


FIG. 2

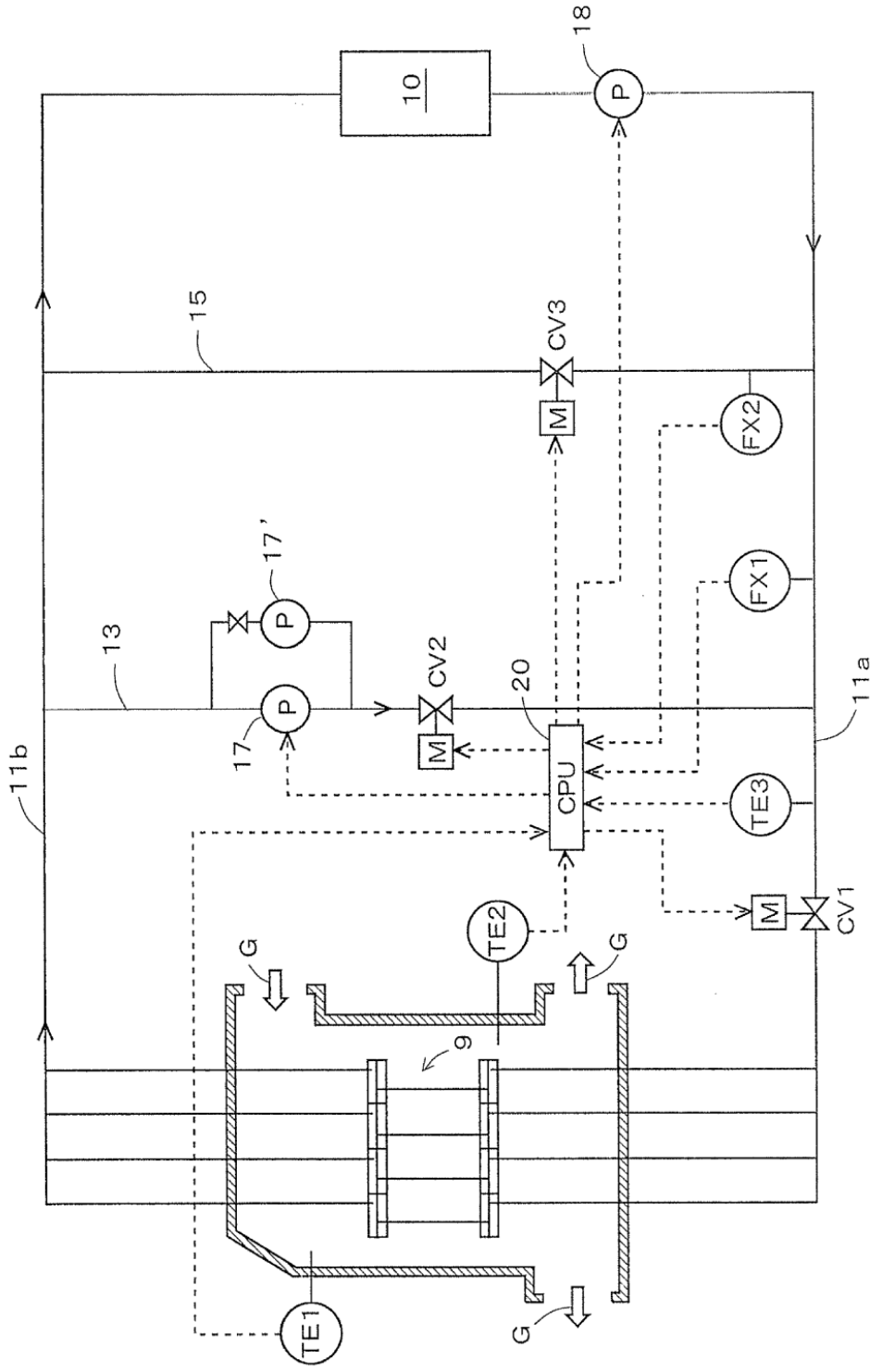

10
18
P
15
CV3
M
FX2
17'
P
FX1
13
CV2
20
11a
P
17
M
CPU
11b
TE3
M
CV1
TE2
G
G
9
TE1
G

FIG. 3

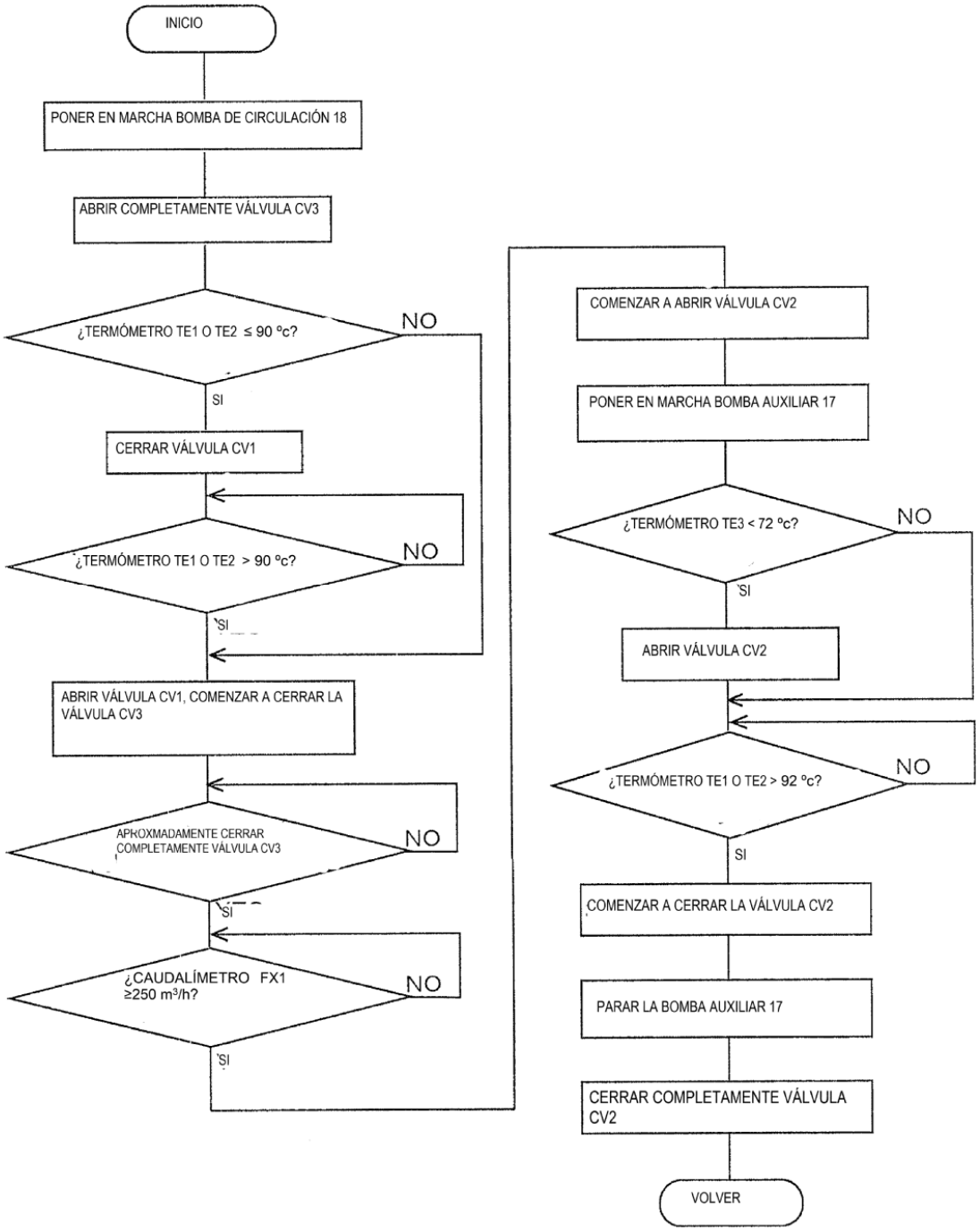

INICIO
PONER EN MARCHA BOMBA DE CIRCULACIÓN 18
ABRIR COMPLETAMENTE VÁLVULA CV3
¿TERMÓMETRO TE1 O TE2 ≤ 90 °c?
NO
SI
CERRAR VÁLVULA CV1
¿TERMÓMETRO TE1 O TE2 > 90 °c?
NO
SI
ABRIR VÁLVULA CV1, COMENZAR A CERRAR LA VÁLVULA CV3
APROXMADAMENTE CERRAR COMPLETAMENTE VÁLVULA CV3
NO
SI
¿CAUDALÍMETRO FX1 ≥250 m³/h?
NO
SI
COMENZAR A ABRIR VÁLVULA CV2
PONER EN MARCHA BOMBA AUXILIAR 17
¿TERMÓMETRO TE3 < 72 °c?
NO
SI
ABRIR VÁLVULA CV2
¿TERMÓMETRO TE1 O TE2 > 92 °c?
NO
SI
COMENZAR A CERRAR LA VÁLVULA CV2
PARAR LA BOMBA AUXILIAR 17
CERRAR COMPLETAMENTE VÁLVULA CV2
VOLVER

FIG. 4

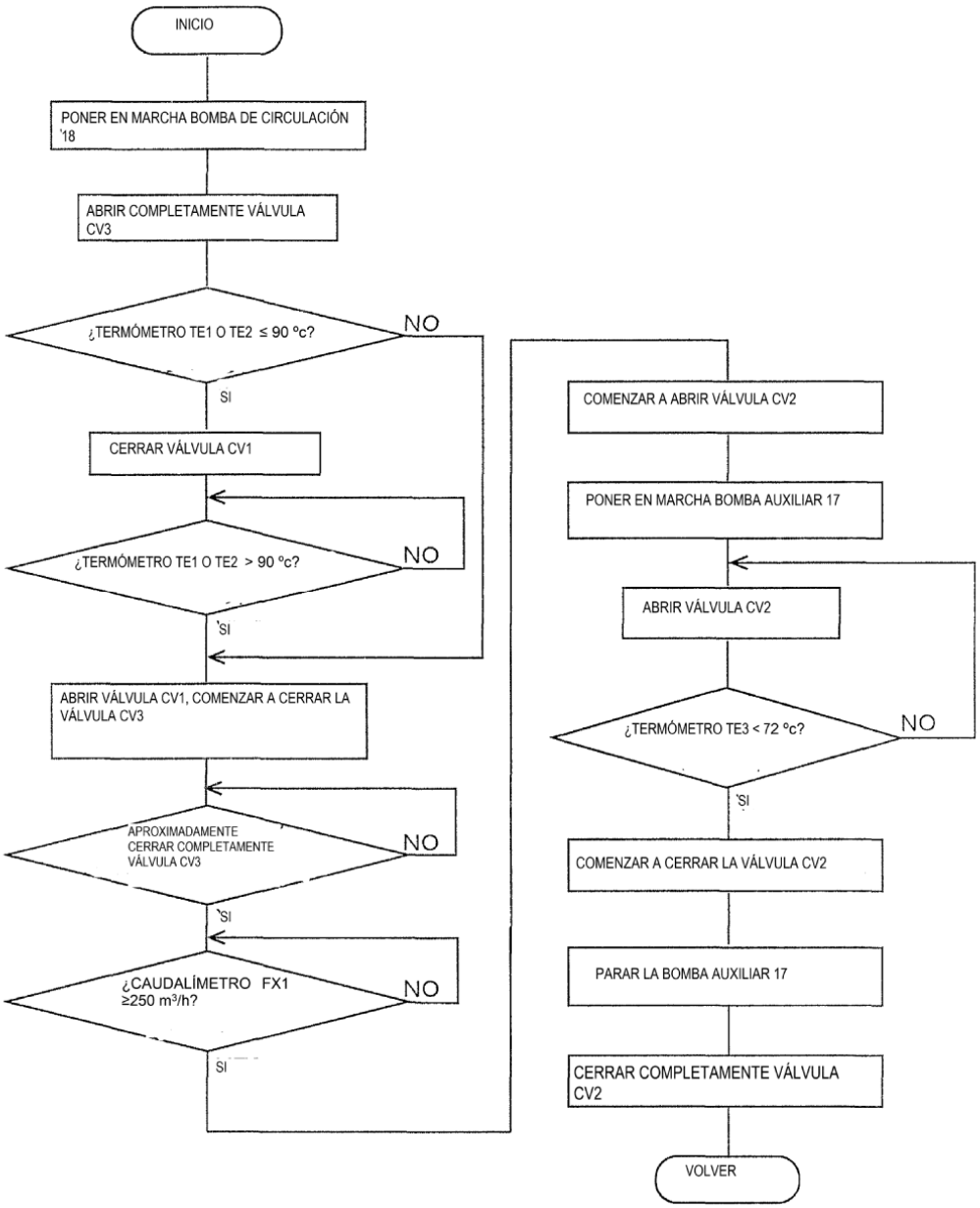

INICIO
PONER EN MARCHA BOMBA DE CIRCULACIÓN '18
ABRIR COMPLETAMENTE VÁLVULA CV3
¿TERMÓMETRO TE1 O TE2 ≤ 90 °c?
NO
SI
CERRAR VÁLVULA CV1
¿TERMÓMETRO TE1 O TE2 > 90 °c?
NO
SI
ABRIR VÁLVULA CV1, COMENZAR A CERRAR LA VÁLVULA CV3
APROXIMADAMENTE CERRAR COMPLETAMENTE VÁLVULA CV3
NO
SI
¿CAUDALÍMETRO FX1 ≥250 m³/h?
NO
SI
COMENZAR A ABRIR VÁLVULA CV2
PONER EN MARCHA BOMBA AUXILIAR 17
ABRIR VÁLVULA CV2
¿TERMÓMETRO TE3 < 72 °c?
NO
SI
COMENZAR A CERRAR LA VÁLVULA CV2
PARAR LA BOMBA AUXILIAR 17
CERRAR COMPLETAMENTE VÁLVULA CV2
VOLVER

FIG. 5

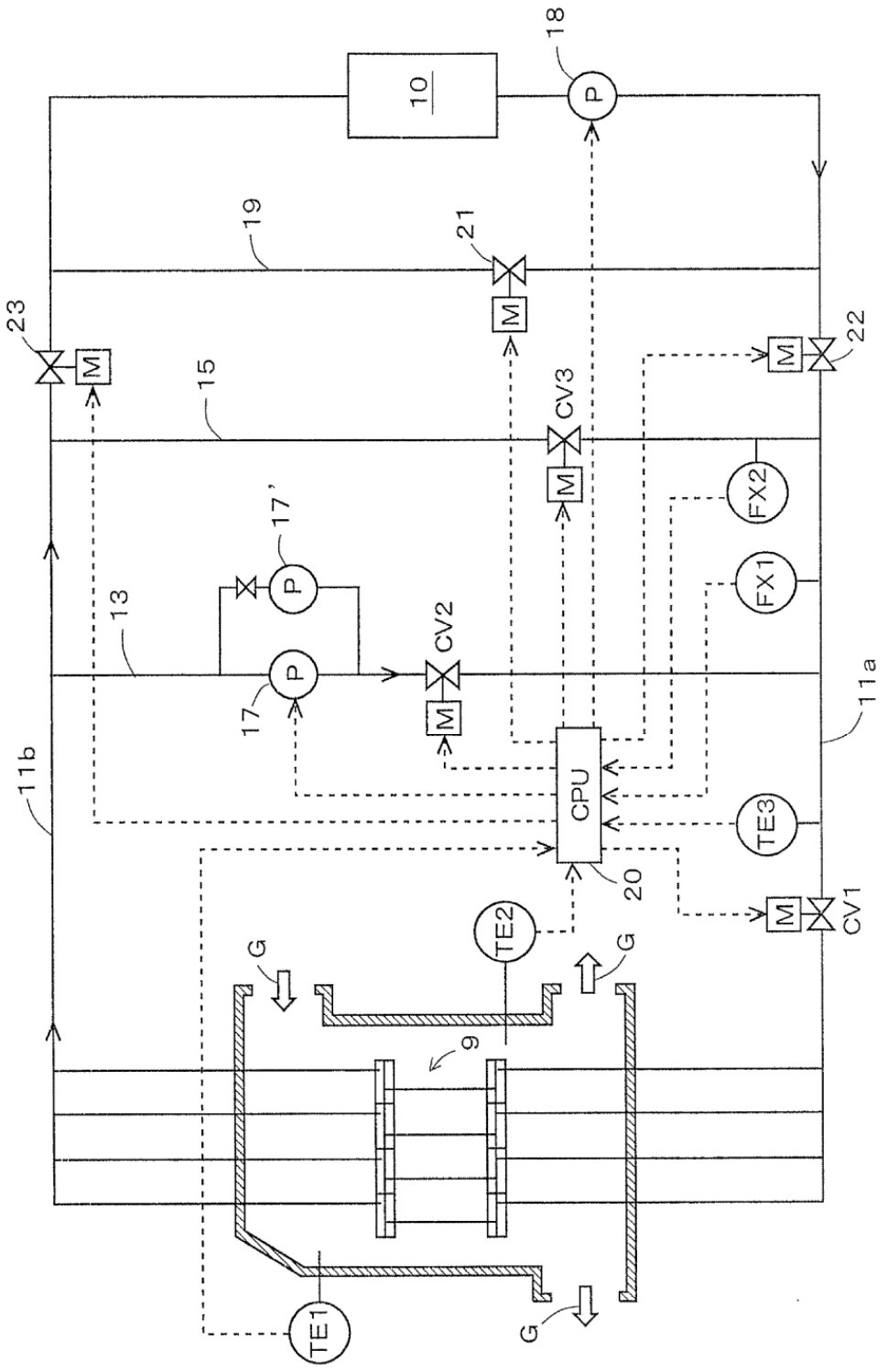

10
18
P
19
21
M
23
M
22
M
15
CV3
M
FX2
17'
P
FX1
13
P
CV2
17
M
11a
11b
CPU
TE3
20
M
CV1
TE2
G
G
9
TE1
G

FIG. 6

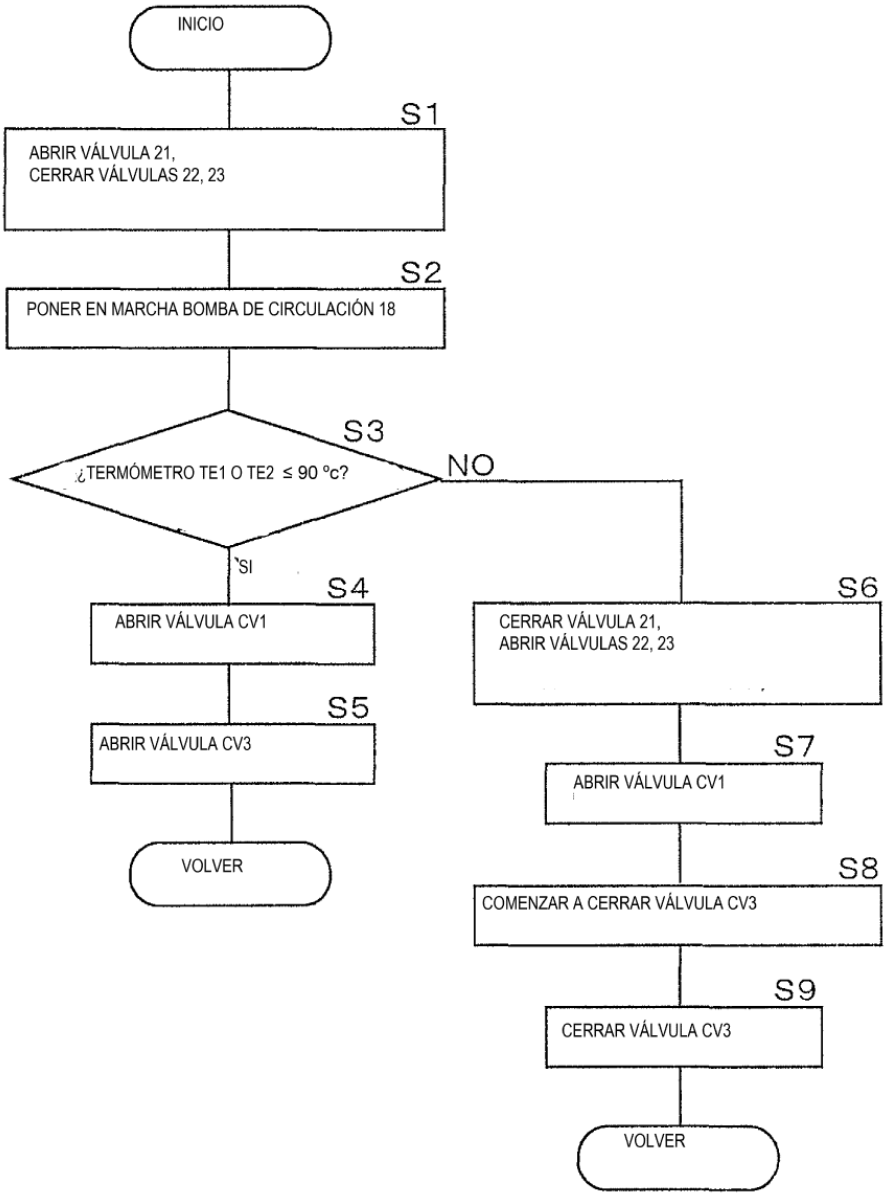

INICIO
S1
ABRIR VÁLVULA 21,
CERRAR VÁLVULAS 22, 23
S2
PONER EN MARCHA BOMBA DE CIRCULACIÓN 18
S3
¿TERMÓMETRO TE1 O TE2 ≤ 90 °c?
NO
SI
S4
ABRIR VÁLVULA CV1
S5
ABRIR VÁLVULA CV3
VOLVER
S6
CERRAR VÁLVULA 21,
ABRIR VÁLVULAS 22, 23
S7
ABRIR VÁLVULA CV1
S8
COMENZAR A CERRAR VÁLVULA CV3
S9
CERRAR VÁLVULA CV3
VOLVER

FIG. 7

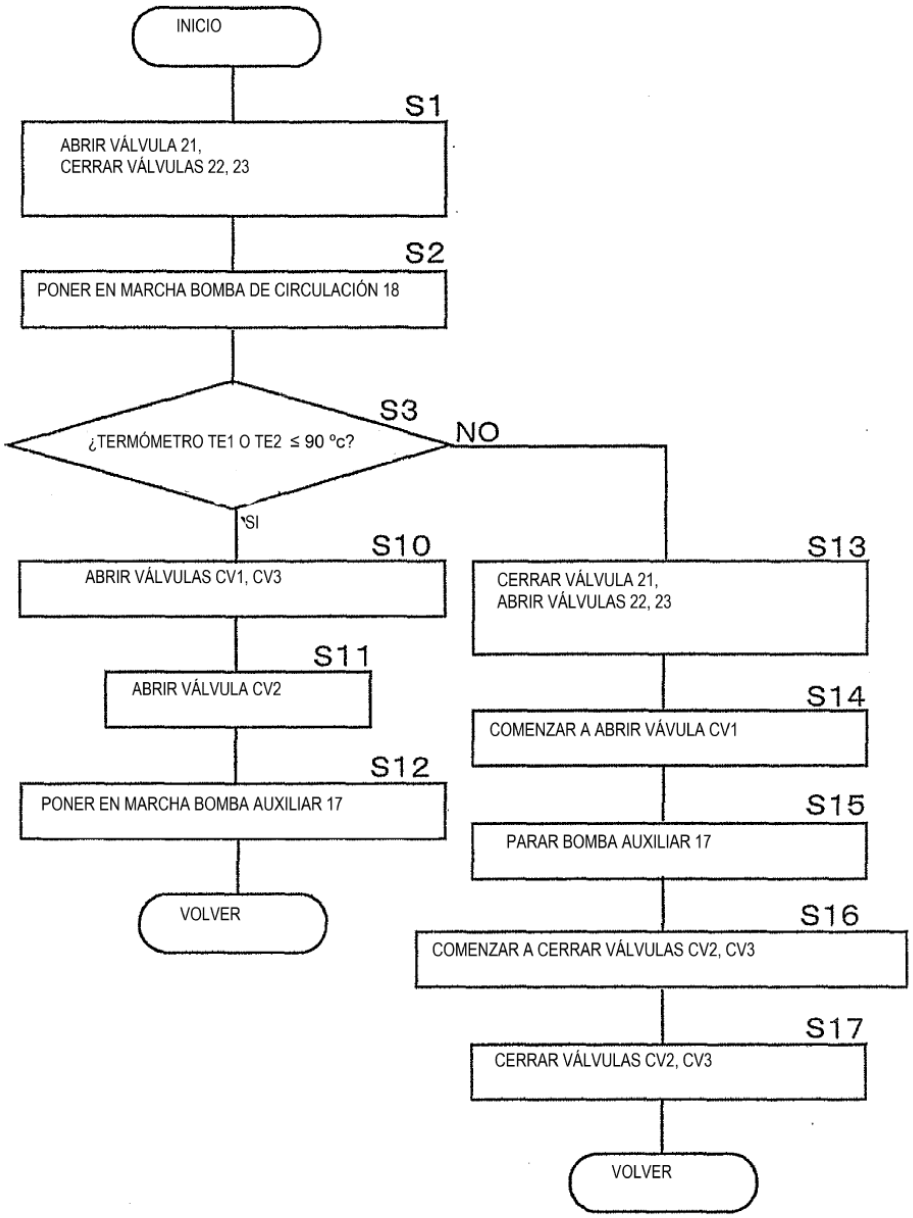
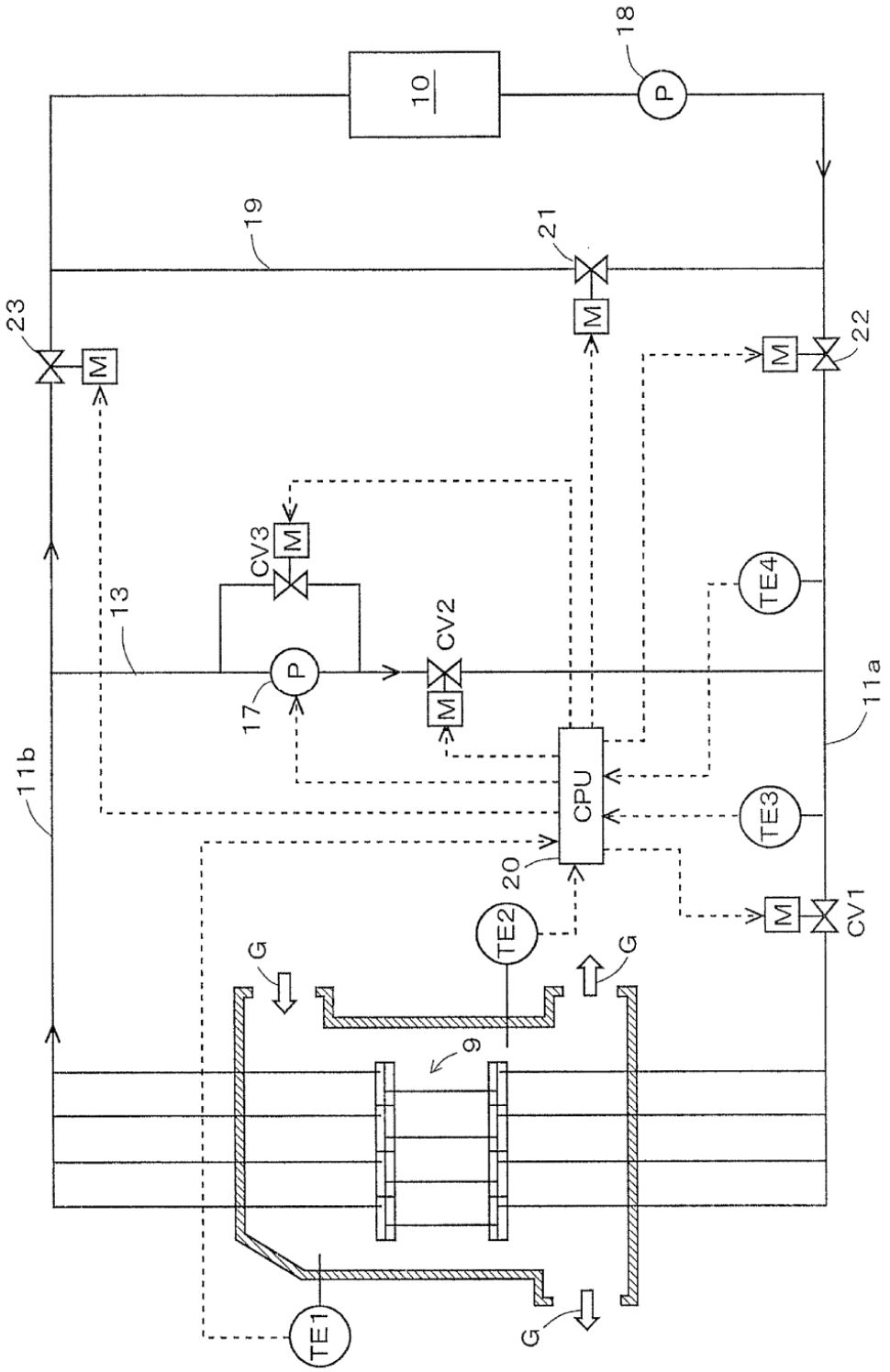

INICIO
S1
ABRIR VÁLVULA 21,
CERRAR VÁLVULAS 22, 23
S2
PONER EN MARCHA BOMBA DE CIRCULACIÓN 18
S3
¿TERMÓMETRO TE1 O TE2 ≤ 90 °c?
NO
SI
S10
ABRIR VÁLVULAS CV1, CV3
S11
ABRIR VÁLVULA CV2
S12
PONER EN MARCHA BOMBA AUXILIAR 17
VOLVER
S13
CERRAR VÁLVULA 21,
ABRIR VÁLVULAS 22, 23
S14
COMENZAR A ABRIR VÁVULA CV1
S15
PARAR BOMBA AUXILIAR 17
S16
COMENZAR A CERRAR VÁLVULAS CV2, CV3
S17
CERRAR VÁLVULAS CV2, CV3
VOLVER

FIG. 8


10
18
P
19
21
M
23
M
22
M
CV3
M
13
TE4
CV2
P
17
M
11a
11b
CPU
TE3
20
M
CV1
TE2
G
G
9
TE1
G

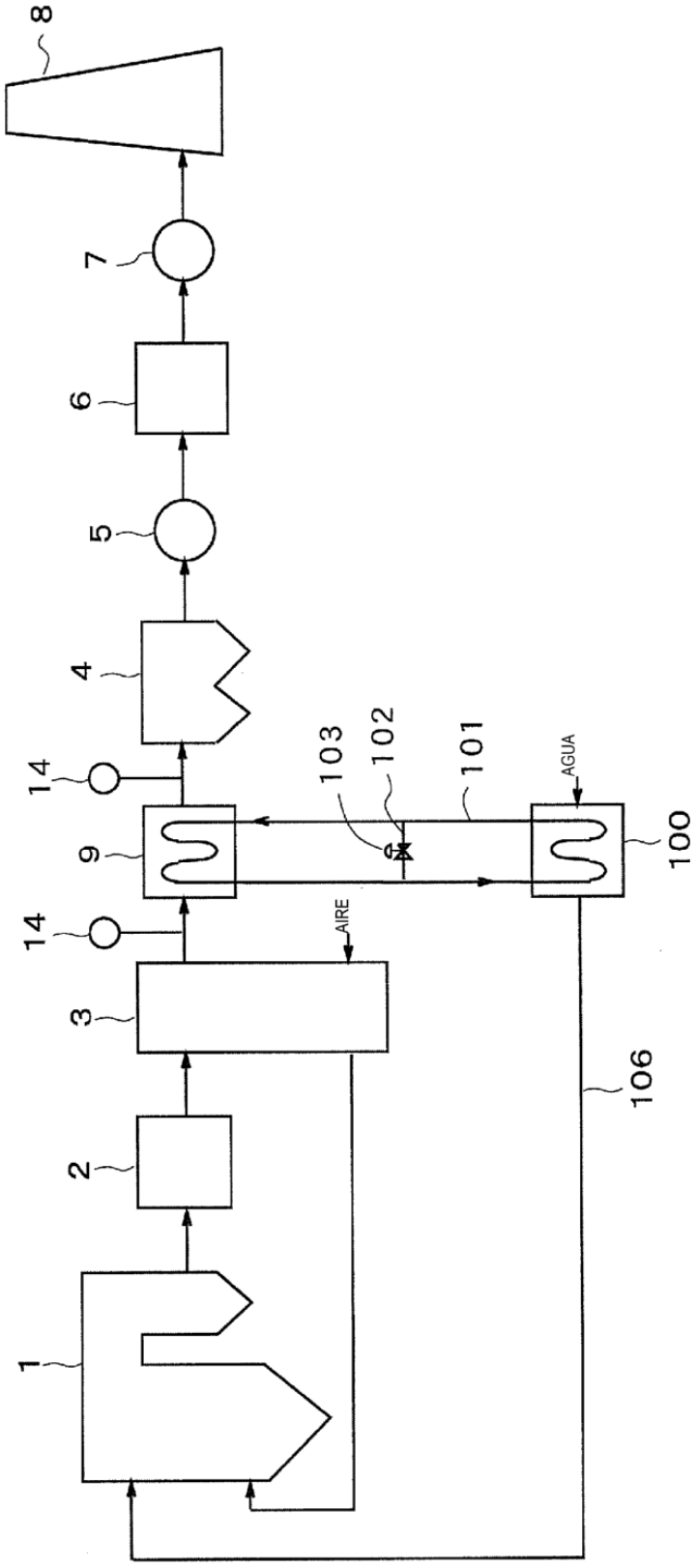



FIG. 9