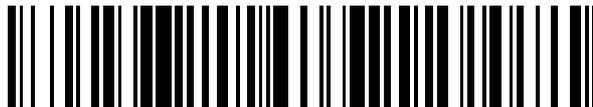


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 692 406**

51 Int. Cl.:

F01K 23/06 (2006.01)

F01K 7/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.12.2016** **E 16397534 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.07.2018** **EP 3179059**

54 Título: **Calentador secundario de agua de alimentación**

30 Prioridad:

09.12.2015 FI 20155929

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

03.12.2018

73 Titular/es:

VALMET TECHNOLOGIES OY (100.0%)
Keilasatama 5
02150 Espoo, FI

72 Inventor/es:

MANSIKKASALO, JARMO y
HAAGA, KARI

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 692 406 T3

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

DESCRIPCIÓN

Calentador secundario de agua de alimentación

Campo técnico

5 La invención se refiere a centrales de producción de energía. La invención se refiere a calderas. La invención se refiere a la producción de electricidad quemando algo de combustible. Algunas realizaciones de la invención se refieren a calderas de recuperación. Algunas realizaciones de la invención se refieren a la utilización de licor negro.

Antecedentes

10 Las plantas de producción de energía se utilizan para producir electricidad. A veces, las plantas de producción de energía se utilizan además para producir calor. Frecuentemente una planta de producción de energía comprende una caldera que tiene un horno. Al quemar combustible en el horno, el agua puede hervir para producir vapor. El vapor se puede usar para producir energía mecánica, que se convierte en electricidad. Además, se puede utilizar parte del calor, por ejemplo, para calefacción urbana, secado, limpieza u otros fines, por lo tanto la energía térmica (calor del vapor / agua, que incluye el calor latente del vapor) y / o la energía (presión) mecánica se pueden usar como tales.

15 El uso efectivo de recursos, en particular el combustible, requiere que la eficiencia energética de la planta de producción de energía sea alta. La eficiencia energética está relacionada con al menos dos cosas. Primera, cuanta electricidad se puede producir por unidad de combustible. Segunda, como de baja es la temperatura de los gases de combustión que salen del proceso. Comúnmente, la temperatura de los gases de combustión se reduce a un nivel suficientemente bajo mediante la aplicación en cantidad suficiente de superficies de transferencia de calor en la caldera.

20 Se conoce una caldera a través del documento US 2006/0236696. Tal caldera comprende un horno para quemar licor gastado para producir gases de combustión, un sistema de circulación de agua / vapor que tiene recalentadores y una turbina de vapor. El sistema de circulación está conectado a la turbina de vapor que comprende una parte de alta presión. El sistema de circulación de agua / vapor de la caldera de recuperación está provisto de un recalentador para recalentar el vapor de la parte de alta presión de la turbina. Se conoce una caldera de dos niveles de presión a través del documento US 2009/0241860. La caldera comprende dos hornos que operan a diferentes temperaturas. Se conoce una caldera que tiene un pre-economizador para calentar agua de alimentación a través del documento EP 2434051.

Resumen

30 El objetivo de la presente invención es aumentar la eficiencia de una planta de producción de energía, en la que se utiliza una caldera para producir vapor y se utiliza una turbina de vapor para producir energía mecánica mediante el uso de vapor. Una planta de producción de energía de acuerdo con una realización de la invención está configurada para producir más vapor que una planta de producción de energía convencional que usa la misma cantidad de combustible. De esta manera, también se puede aumentar la cantidad de electricidad por combustible usado.

35 De acuerdo con diversas realizaciones, se dispone un calentador secundario en conexión con la caldera. El calentador secundario es un intercambiador de calor que está configurado para calentar agua de alimentación mediante el uso de vapor de calefacción. Preferiblemente, el vapor de calentamiento para el calentador secundario está recalentado. El vapor de calentamiento se puede conducir al calentador secundario a partir de la turbina de vapor. Como alternativa o además, el vapor de calentamiento puede ser transportado desde la tubería del recalentador después de una fase de una turbina de vapor. Como alternativa o además, el vapor de calentamiento puede ser transportado desde una red de vapor configurada para recibir vapor de otra caldera. El calentador secundario está dispuesto, en la dirección del flujo de agua de alimentación, después del último economizador y antes del depósito, es decir, entre el último economizador y el depósito y como una parte de la tubería de agua de alimentación.

45 La invención se describe en términos más precisos en la reivindicación 1 independiente. Las formas de realización preferidas se describen en las reivindicaciones dependientes. Los métodos para operar la planta de producción de energía se describen en las reivindicaciones de utilización.

Breve descripción de los dibujos

50 las figuras 1a y 1b muestran implantaciones esquemáticas de una planta de producción de energía de acuerdo con dos realizaciones de la invención, que incluyen las circulaciones de agua de alimentación y vapor; y el flujo de gases de combustión, así como el aire y las alimentaciones de combustible,

la figura 2 muestra una vista principal de una planta de producción de energía según una realización de la invención,

la figura 3 muestra en detalle un calentador secundario, y

las figuras 4a, 4b y 5 a 8 muestran vistas principales de plantas de producción de energía de acuerdo con las realizaciones de la invención.

Descripción detallada

5 En esta descripción, la presión viene dada en unidades de bar(a), que significa presión absoluta en bares, a menos que se indique una presión diferente. En esta descripción los términos aguas arriba y aguas abajo, así como después, antes y entre se refiere a las direcciones de algún flujo de algún medio en la planta de producción de energía cuando la planta de producción de energía esta en servicio.

10 En esta descripción, la expresión una cosa para un propósito debe ser entendida para describir (a) lo que ha sido explícitamente descrito, (b) una realización, en la que la cosa es adecuada para el propósito y (c) una realización, en la que la cosa está configurada para realizar el propósito.

15 Las realizaciones de la invención se tratan en dicho contexto, en el que la planta de producción de energía comprende una caldera de recuperación es decir una caldera de recuperación de sosa cáustica. Una caldera de recuperación es parte de un proceso de despulpado en el que el licor negro se quema para recuperar productos químicos inorgánicos para reutilizar en el proceso de despulpado. Además, se genera calor, y el calor se utiliza típicamente también para producir electricidad. Aparentemente, las realizaciones de la invención se pueden utilizar también con otros tipos de calderas que tienen un horno configurado para quemar u oxidar algún combustible.

20 Debido a que una caldera de recuperación es parte de un proceso Kraft de despulpado, el calor producido por la caldera generalmente no puede ser utilizado para calefacción urbana, porque las fábricas de despulpado están físicamente ubicadas suficientemente lejos de los habitantes. Como la invención tiene como objetivo principal aumentar la cantidad de electricidad producida a partir de la misma cantidad de combustible, las realizaciones son particularmente adecuadas para calderas de recuperación. Sin embargo, las realizaciones también pueden usarse en conexión con otros tipos de calderas.

25 En las realizaciones, se utiliza una turbina de vapor para producir energía mecánica, en particular energía de rotación, utilizando la energía (calor y presión) del vapor. En la técnica, se conocen diferentes tipos de turbinas de vapor, incluidas las turbinas de condensación, turbinas de contrapresión y turbinas de recalentamiento.

30 Las turbinas de condensación se encuentran más comúnmente en las plantas de producción de energía eléctrica. Estas turbinas reciben vapor de una caldera y exhaustan a un condensador. El vapor exhaustado está a una presión muy por debajo de la atmosférica y se encuentra en un estado parcialmente condensado, típicamente de una calidad del vapor cercana al 90%. El término calidad del vapor se refiere a la cantidad proporcional (fracción en masa) de vapor en la cantidad total de la mezcla de vapor saturado/agua.

35 Las turbinas sin condensación, es decir, con contrapresión, se utilizan más comúnmente para aplicaciones de vapor de proceso. La presión de exhaustación es controlada por medio de una válvula de regulación para adaptarse a las necesidades de la presión del vapor del proceso. Estas se encuentran comúnmente en refinerías, unidades de calefacción urbana, plantas de celulosa y papel y plantas de desalinización en las que se necesitan grandes cantidades de vapor de proceso de baja presión. La presión del vapor que sale de la turbina de vapor es típicamente de al menos 5 bar (a).

40 Las turbinas de recalentamiento se utilizan más comúnmente en plantas de producción de energía eléctrica. En una turbina de recalentamiento, el flujo de vapor sale de una sección de alta presión de la turbina y se devuelve a la caldera en donde se le añade un recalentamiento adicional. El vapor vuelve entonces a una sección de presión intermedia de la turbina y continúa su expansión. Utilizar recalentamiento en un ciclo aumenta la producción de trabajo de la turbina y también la expansión alcanza su finalización antes de que el vapor se condense, minimizando por lo tanto la erosión de los álabes de las últimas filas. En la mayoría de los casos, el máximo número de recalentamientos empleados en un ciclo es dos ya que el coste de recalentar el vapor desaconseja el incremento de salida de potencia de la turbina.

45 Las plantas de producción de energía de las realizaciones de la invención pueden comprender una turbina de vapor de contrapresión o una turbina de vapor de condensación. Sin embargo, se ha constatado que una planta de producción de energía que tiene una turbina de vapor de contrapresión para alimentar un generador de electricidad se beneficia más de un calentador secundario que de una turbina de condensación. Esto se debe a la cantidad reducida de vapor para la turbina después de dejar salir un poco de vapor de calefacción para un calentador secundario. Así, más preferiblemente, las plantas de producción de energía comprenden una turbina de vapor de contrapresión.

55 La turbina de vapor de contrapresión está configurada para emitir solamente un vapor tal que tiene una presión de al menos 5 bar (a). La turbina de vapor de contrapresión también puede configurarse para emitir vapor de media o alta presión, como vapor de calentamiento para ser utilizado para calentar agua de alimentación en un calentador secundario y opcionalmente también en un calentador intermedio y / o precalentador. Con referencia a la figura 1a, en el caso en que se utilice una turbina 410 de recalentamiento de vapor, la turbina 410 de recalentamiento de vapor es, por definición, una turbina de contrapresión puesto que el vapor es expulsado y transportado a un recalentador

270 a un nivel razonablemente alto de presión. Cuando una turbina 410 de vapor comprende al menos dos salidas para vapor a dos presiones diferentes, la turbina de vapor se considera que comprende al menos dos fases. El vapor se puede transportar al calentador secundario 310, por ejemplo, desde una salida (ver tuberías 610, 610a), o después de haber sido transportado dentro de la tubería del recalentador, desde la ubicación de la tubería 260, 270 del recalentador, que está dispuesta, en la dirección del flujo de vapor en la tubería del recalentador y a lo largo de tubería del recalentador, aguas debajo de al menos una fase de la turbina de vapor (ver las tuberías 610, 610b).

Con referencia a la figura 1a, una planta 900 de producción de energía comprende una turbina 410 de vapor, tal como una turbina 410 de vapor de contrapresión, para producir energía mecánica de rotación, como un par que actúa sobre un eje de rotación, utilizando vapor. La turbina 410 de vapor está conectada a un generador 415 configurado para generar electricidad a partir de la energía mecánica. Como se indica en la figura 1a, la planta 900 de producción de energía puede comprender también otra turbina 420 de vapor y otro generador 425. Como se indicó anteriormente, el recalentamiento se puede aplicar incluso si solo se utiliza una turbina de vapor. A partir de la última turbina 420 de vapor, cierta cantidad de vapor de baja presión se transporta para su uso, por ejemplo, en el secado o la limpieza, y otra cantidad de vapor, opcionalmente después de dicha utilización, se puede condensar y recircular al tanque 200 de agua de alimentación. El agua de alimentación se alimenta a una tubería de agua de alimentación, que incluye los economizadores 220, 210, desde un tanque 200 de agua de alimentación. La tubería de agua de alimentación y el flujo de agua de alimentación se indican en la figura mediante líneas, y la dirección del flujo de agua se indica mediante las flechas. Se indican también las tuberías del recalentador y el flujo de vapor en la figura por las líneas, y la dirección del flujo del vapor está indicada por las flechas.

La planta 900 de producción de energía comprende además una caldera 100, tal como una caldera de recuperación. Las paredes de la caldera 100 limitan un horno 105 y un conducto 110 de gases de combustión para conducir los gases de combustión fuera del horno 105. Como es sabido, el calor se recupera de los gases de combustión mediante intercambiadores de calor, tales como los recalentadores (260, 270), economizadores (210, 220) y una circulación 290 en ebullición. La circulación 290 en ebullición puede comprender, por ejemplo, tuberías de transferencia de calor incrustadas en las paredes de la caldera 100. Además o alternativamente, la circulación 290 en ebullición puede comprender una pantalla de agua (no mostrada) dispuesta en el horno. Además o alternativamente, la circulación 290 en ebullición puede comprender un banco de calderas dispuesto en el horno. Típicamente, la circulación 290 en ebullición, incluye bajantes para transportar agua a otras partes de la circulación 290 en ebullición.

El agua a calentar y a hervir se denomina comúnmente agua de alimentación. El agua de alimentación se alimenta a la caldera 100 desde el tanque 200 de agua de alimentación. El agua de alimentación corre a través de la tubería de agua de alimentación que incluye los economizadores 210, 220 (o un economizador 210) hacia un recipiente 250. El agua del recipiente se hace circular a través de la circulación 290 de ebullición, por lo que el agua hierve, y el vapor producido se transporta de vuelta hacia el recipiente 250. Como se indicó anteriormente, en funcionamiento, el recipiente 250 contiene tanto agua líquida como vapor. Desde el recipiente, el vapor se conduce a través de un recalentador 260 hasta una primera turbina 410 de vapor, después de lo cual el vapor se recalienta en el segundo recalentador 270 y se transporta a una segunda turbina 420 de vapor. Como se indica en la figura 5, también es posible que tenga solamente una turbina 410 de vapor. Como se indica en la figura 5, también es posible tener únicamente un recalentador 260. Como se indica en la figura 5, también es posible tener únicamente un economizador 210.

Un economizador (210, 220, 230) es un intercambiador de calor configurado para calentar agua de alimentación mediante intercambio de calor con los gases de la combustión. En particular, en el economizador, el agua de alimentación está en forma líquida. Como es sabido, la transferencia de calor desde una superficie de transferencia de calor caliente a un líquido (por ejemplo agua de alimentación) es mucho más eficiente, por ejemplo en términos de resistencia térmica, que a un gas (por ejemplo vapor). Esto da como resultado que, en funcionamiento la caldera 100, los materiales del economizador, en particular las superficies de transferencia de calor de los mismos, tienen mucho más baja temperatura que si el vapor se calentara en el mismo. En consecuencia, los materiales de los economizadores están diseñados para soportar solo una temperatura relativamente baja (en relación, por ejemplo, a los recalentadores), porque los materiales son más baratos que, por ejemplo, los materiales adecuados para los recalentadores. Por lo tanto, en funcionamiento, la caldera 100 se conduce de tal manera que el agua de alimentación no hierve en los economizadores 210, 220, 230, en particular el último economizador 210. La ebullición reduciría la transferencia de calor desde el economizador hasta el medio de transferencia de calor de los economizadores, y correlacionaría incrementar la temperatura del economizador por encima del límite de diseño. Esto podría llevar a la rotura del economizador, lo que causaría una explosión, ya que la presión del agua de alimentación circulando por el economizador sería alta.

A través de los economizadores 210, 220 (y opcionalmente también 230 y 240, ver figuras 6 y 8), el agua de alimentación se alimenta al recipiente 250. El agua de alimentación se alimenta desde un tanque 200 de agua de alimentación. Típicamente el agua de alimentación se alimenta utilizando al menos una bomba 202 de agua de alimentación. La presión en el tanque 200 de agua de alimentación puede ser, por ejemplo, de 4 bar (a) a 6 bar (a). La bomba 202 de agua de alimentación está configurada para aumentar la presión del agua de alimentación a un nivel tal que el agua pueda alimentar el recipiente 250. Típicamente un nivel suficiente es mayor que la presión en el recipiente 250. El agua de alimentación se transporta desde el tanque 200 hasta el recipiente 250 a través de la

- 5 tubería de agua de alimentación que incluye los economizadores 210, 220, 230, 240 y los diversos calentadores 310, 320, 330, 322, 332. Por lo tanto el término “tubería de agua de alimentación” se considera que incluye solamente las tuberías que están, en la dirección del flujo del agua de alimentación, entre el tanque 200 de agua de alimentación y el recipiente 250. Por lo tanto, en funcionamiento, el agua de alimentación está configurada para fluir desde el tanque 200 de agua de alimentación y el recipiente 250 a través de la tubería de agua de alimentación. Por el contrario, tales elementos (si los hay) de tubería a través de los cuales el vapor y / o el condensado está, en funcionamiento, configurado para fluir desde el recipiente 250 al tanque 200 de agua de alimentación no forman parte de la tubería de agua de alimentación.
- 10 Como se indicó anteriormente, en el recipiente 250, la temperatura y la presión corresponden a una temperatura de saturación y presión de agua, porque el agua se hierve en el circuito 290. Ejemplos de presiones en el recipiente 250 incluyen 90 bar(a), 100 bar(a), 110 bar(a), 120 bar(a), 130 bar(a), 140 bar(a) y 150 bar(a). Sin embargo, la presión puede ser significativamente menos, tal como 40 bar(a), dependiendo del diseño. Además, como se indicó anteriormente, en los economizadores 210, 220, la temperatura debe ser algo más baja que la temperatura de saturación correspondiente para evitar la ebullición. Por lo tanto, la circulación 290 de ebullición no solamente hierve el agua, sino que también calienta el agua hasta el punto de ebullición. Se ha notado que la cantidad de electricidad disponible en el generador 415 se puede aumentar mediante el incremento de la temperatura del agua de alimentación que entra en el recipiente 250. Esto puede ser, al menos en parte, debido al aumento de la cantidad de vapor producido. Sin embargo, por razones de seguridad, debe de haber una diferencia de temperatura razonable entre la temperatura del agua de alimentación en el último economizador 210 y la temperatura del agua / vapor en el recipiente 250. El problema de hervir el agua de alimentación ya en los economizadores se encuentra fácilmente en situaciones, donde se utiliza un calentador intermedio (320, 322) y / o un precalentador (330, 332) (ver, por ejemplo, las figuras 1a y 2).
- 15 En cuanto al término “último economizador”, los últimos economizadores 210 se refieren a un intercambiador de calor
- 20 - del cual al menos una parte, tal como la superficie 212, 214 de transferencia de calor, se dispone en el ducto 110 de gas de combustión,
- que está configurado para calentar agua de alimentación de la tubería de agua de alimentación intercambiando calor con gases de combustión,
- 30 - que está dispuesto, en la dirección del flujo de agua de alimentación (estando el flujo dentro de la superficie de transferencia de calor, por ejemplo tubería) aguas arriba del recipiente 250 y
- que está dispuesto en una ubicación tal que ningún otro economizador (por ejemplo 220, 230) está dispuesto en la dirección del flujo de agua de alimentación entre el último economizador 210 y el recipiente 250 en la tubería de agua de alimentación.
- 35 En cuanto al término “otro economizador” (220, 230) en el último punto, el otro economizador 220 se refiere a un intercambiador
- de los cuales al menos una parte, tal como una superficie 222 de transferencia de calor, está dispuesta en el ducto 110 de gas de combustión y
- que está configurado para calentar el agua de alimentación de las tuberías de agua de alimentación intercambiando calor con gases de combustión.
- 40 Un economizador comprende típicamente múltiples tubos de transferencia de calor. Los tubos de transferencia de calor típicamente comprenden al menos partes rectas, como se muestra en las figuras 1a y 1b. Las partes rectas están típicamente orientadas paralelas entre sí. Para transferir el calor de los gases de combustión al agua de alimentación a través de los tubos de transferencia de calor, los gases de combustión están, en funcionamiento, configurados para fluir entre los tubos de transferencia de calor.
- 45 La figura 1a muestra una realización con dos economizadores 210, 220 dispuestos en un ducto 110 de gases de combustión. Dentro del ducto de gases de combustión, los gases de combustión, en funcionamiento, fluyen entre las superficies de transferencia de calor del último economizador 210 hacia abajo. Además, dentro del ducto de gases de combustión, en funcionamiento, fluyen entre las superficies de transferencia de calor del otro economizador 220 hacia abajo. Además, un paso 110a de gases de combustión está dispuesto horizontalmente entre los economizadores 210, 220 para transportar los gases de combustión desde el fondo del último economizador 210 hasta la parte superior del otro economizador 220. Los gases de combustión pueden salir del ducto 110 de gases de combustión desde abajo, o pueden continuar fluyendo en el ducto hacia otros componentes, tales como un dispositivo 510 de limpieza y/o un enfriador 520 de gases de combustión.
- 50
- 55 Con referencia a la figura 1a, el último economizador 210 se puede disponer en una dirección longitudinal relativa a la dirección promedio del flujo de gases de combustión entre los tubos de transferencia de calor del último economizador 210. En general, la dirección del flujo de gases de combustión es vertical. Por lo tanto, el último

- 5 economizador 210 puede comprender tubos de transferencia de calor, cuyas partes rectas están orientadas en una dirección sustancialmente vertical. Esta orientación es beneficiosa, en particular para el último economizador 210, porque esta orientación reduce la acumulación de suciedad sobre las superficies de transferencia de calor del último economizador 210. Una dirección sustancialmente vertical puede formar un ángulo de como máximo 30 o a lo sumo 10 grados con la dirección vertical. En esta realización, el último economizador 210 comprende tubos de transferencia de calor que tienen partes rectas que están orientadas en paralelo entre sí. Además, la dirección longitudinal de las partes rectas forma un ángulo de como máximo 30 grados o a lo sumo 10 grados con la dirección promedio del flujo de gases de combustión entre dichos tubos de transferencia de calor del último economizador 210.
- 10 Con referencia a la figura 1b, el último economizador 210 puede estar dispuesto en una dirección transversal relativa a la dirección promedio del flujo de gases de combustión entre los tubos de transferencia de calor del último economizador. En general, la dirección del flujo de gases de combustión es vertical. Por lo tanto, el último economizador 210 puede comprender tubos de transferencia de calor, cuyas partes rectas están orientadas en una dirección sustancialmente horizontal. Una dirección sustancialmente horizontal puede formar un ángulo de como máximo 30 grados o a lo sumo 10 grados con una dirección horizontal. Esta orientación puede ser beneficiosa en otros economizadores, en particular en el post economizador 240 (ver figuras 7 y 8), ya que tal orientación puede incrementar el coeficiente de transferencia de calor entre los gases de combustión y los tubos de transferencia de calor. Además, en el post economizador 240 los gases de combustión puede haber sido lavados, por ejemplo, con un limpiador 510, tal como un precipitador 510 electrostático. En la realización de la figura 1b, el último economizador 210 comprende tubos de transferencia de calor que tienen partes rectas y partes curvadas de tal manera que las partes rectas están orientadas paralelas entre sí. Además, la dirección longitudinal de las partes rectas forma un ángulo de al menos 60 grados o al menos 80 grados con la dirección promedio de los gases de combustión entre los citados tubos de transferencia de calor del último economizador 210.
- 15 Como se indicó anteriormente, el último economizador 210 comprende una superficie 212 de transferencia de calor, es decir, una última superficie 212 de transferencia de calor del último economizador 210, en el ducto 110 de los gases de combustión, siendo la última superficie 212 de transferencia de calor, en la dirección del flujo de agua de alimentación, la última superficie de transferencia de calor que está configurada para calentar agua de alimentación de la tubería de agua de alimentación mediante intercambio de calor con los gases de combustión.
- 20 Como se indica en las figuras, el último economizador 210 también es típicamente, en la dirección del flujo de los gases de combustión, el primer economizador. Esto es, el término "último economizador", puede referirse también a un intercambiador de calor que comprende una superficie 214 de transferencia de calor, es decir, una primera superficie 214 de transferencia de calor del último economizador 210, en el ducto 110 de gases de combustión, siendo la primera superficie 214 de transferencia de calor, en la dirección del flujo de gases de combustión (estando el flujo fuera de la superficie de transferencia de calor, por ejemplo, tubería) la citada primera superficie de transferencia de calor que está configurada para calentar agua de alimentación de la tubería de agua de alimentación mediante intercambio de calor con los gases de combustión. En otras palabras, el último economizador 210 puede referirse a un economizador,
- 25 - que es el único economizador o
- 30 - de los cuales, una superficie de transferencia de calor está dispuesta en el ducto 110 de los gases de combustión, en la dirección del flujo de los gases de combustión (estando el flujo fuera de la superficie de transferencia de calor, por ejemplo, tubería), aguas arriba de todos los otros economizadores.
- 35 En cuanto al término "otros economizadores", ver arriba. Como es evidente, si la planta de producción de energía comprende solamente un economizador, el único economizador es también el primer economizador en el ducto de gases de combustión, en la dirección del flujo de los gases de combustión. En cuanto a la última y primera superficies 212, 214 de transferencia de calor del último economizador 210, pueden tener la misma superficie.
- 40 El último economizador 210 que comprende la última superficie 212 de transferencia de calor asegura que el calentador secundario trabaja de forma apropiada. El último economizador 210 que comprende la primera superficie 214 de transferencia de calor asegura que todos los economizadores 210, 220, 230 recuperan calor de los gases de combustión eficientemente.
- 45 Con referencia a las figuras 1a, 1b, 2 y 3 para incrementar la temperatura del agua de alimentación que entra en el recipiente 250 (para razones, ver arriba), se dispone un calentador 310 secundario (es decir, un post calentador 310 para abreviar), en la dirección del flujo del agua de alimentación (y a lo largo de la tubería de agua de alimentación), después (es decir, aguas debajo de) el último economizador 210 y antes (es decir, aguas abajo de) el recipiente 250.
- 50 Con referencia a la figura 3, el calentador 310 secundario es un intercambiador de calor que está configurado para calentar el agua de alimentación mediante la utilización de vapor de calentamiento. Preferiblemente, el calentador 310 secundario está configurado para usar vapor de calentamiento sobrecalentado. Preferiblemente, el calentador 310 secundario está configurado para usar vapor de calentamiento cuya temperatura es de al menos 350°C. Por lo tanto, en una realización, la temperatura del vapor en al menos alguna ubicación dentro de la tubería 610, 610a,
- 55

610b, 610c, tal como en la salida 412, es, en funcionamiento, al menos de 350°C.

El calentador 310 secundario comprende una tubería 312 de intercambiador de calor, en la que el agua de alimentación está configurada para circular. El calentador 310 secundario comprende además una carcasa 314 de tal manera que el vapor de calentamiento está configurado para circular entre la carcasa y la tubería del intercambiador de calor. En la alternativa, el vapor de calentamiento podría circular a través de los tubos 312, y el agua de alimentación podría circular entre la carcasa 314 y los tubos 312. Los materiales para las partes del calentador 310 secundario están seleccionados de tal manera que resistan la temperatura y la presión de diseño en funcionamiento. En particular, en dicha realización, en la que el vapor de calentamiento está configurado para circular entre la carcasa y la tubería del intercambiador de calor (ver arriba), el material de la carcasa 314 está seleccionado de tal manera que la carcasa 314 está configurada para resistir vapor que tiene una presión de al menos 40 bar(a) y la temperatura de al menos 250°C. Sin embargo, en un diseño alternativo, pueden ser necesarios materiales más resistentes. Por lo tanto, en una realización la carcasa 314 está configurada para resistir vapor que tiene una presión de al menos 60 bar(a) y la temperatura de al menos 500°C (es decir, los materiales se seleccionan y la estructura se diseña en consecuencia).

Con referencia a la figura 1a, una tubería 610 está configurada para transportar vapor de calentamiento al calentador 310 secundario. La planta 900 de producción de energía puede comprender una tubería 610a, 610 configurada para transportar vapor de calentamiento desde la turbina 410 de vapor al calentador 310 secundario. Además de que alternativamente, la planta 900 de producción de energía puede comprender una tubería 610b, 610 configurada para transportar vapor de calentamiento desde las tuberías 260, 270, de sobrecalentamiento, desde una ubicación aguas abajo desde al menos una fase de una turbina de vapor (410, 420) en la dirección del flujo del vapor, hasta el calentador 310 secundario. Además de que alternativamente, la planta 900 de producción de energía puede comprender una tubería 610c, 610 configurada para transportar vapor de calentamiento desde una red de vapor hacia el calentador 310 secundario. La red de vapor está configurada para recibir vapor de otra caldera tal como desde (a) otra caldera de la misma planta o de otra planta y/o (b) otra turbina de vapor de la misma planta o de otra planta. También la otra caldera puede comprender un horno.

Con referencia a la figura 1a, la planta 900 de producción de energía puede comprender más de una turbina de vapor si se usa una turbina de recalentamiento. En tal caso, la tubería 610 puede configurarse para transportar vapor de calentamiento desde una cualquiera de las turbinas 410, 420 de vapor, o desde la tubería del recalentador a partir de entonces. Preferiblemente, como se indica en la figura 1, la tubería 610 está configurada para transportar vapor de calentamiento desde la indicada turbina 410 de vapor (o desde una ubicación dentro de la tubería del recalentador después de una fase de esta turbina), que está en la dirección del flujo de vapor de la primera turbina de vapor después del recipiente 250, hacia el calentador 310 secundario. En una realización, la tubería 610 es adecuada para transportar vapor sobrecalentado, o así configurado. Otra tubería 612 está configurada para transportar vapor de calentamiento y/o un condensado del mismo fuera del calentador 310 secundario. La tubería 612 puede estar configurada para transportar el vapor de calentamiento y/o un condensado del mismo a un calentador 320 intermedio, un precalentador 330, una turbina (410, 420) de vapor, la tubería del recalentador, el tanque 200 de agua de alimentación o para algún otro uso, tal como la limpieza de las superficies de intercambio de calor. Sin embargo, la presión en la tubería 612 puede estar controlada, por ejemplo, con la válvula 613 (ver la figura 3). Como la presión aguas arriba de la válvula 613 puede ser más alta que aguas debajo de la válvula 613, el condensado del vapor de calentamiento puede sacarse del calentador 310 secundario a través de la tubería 612. Además, a medida que se baja la presión en la válvula 613, el vapor condensado puede vaporizar a un vapor de más alta calidad. Por lo tanto, incluso si se deja salir agua (a alta presión) del calentador 310 secundario, se puede usar como vapor (baja presión) posteriormente. Aquí los términos alta y baja presión no se refieren a ninguna presión absoluta, sino solamente en relación entre sí.

Con referencia a la figura 8, en una realización, el vapor de calentamiento y/o el condensado del mismo se transportan a un tanque 350 de flash. El tanque 350 de flash se puede usar, por ejemplo, cuando el vapor de calentamiento y/o el condensado del mismo se utilizan para otros fines que el calentamiento del agua de alimentación y/o aire de combustión. La limpieza, tal como del hollín, es un ejemplo de dicho uso. Sin embargo, en vista de la producción de electricidad, puede ser beneficioso reutilizar el vapor de calentamiento para producir electricidad, ya que el vapor todavía tiene algo de energía termomecánica (calor y presión). Así, una realización comprende una tubería 351 configurada para transportar (i) el vapor de calentamiento y/o el condensado del mismo a un recalentador 270, (ii) el vapor de calentamiento a otra turbina 420 de vapor, y/o (iii) el vapor de calentamiento a la misma turbina 410 de vapor de la cual se toma el vapor de calentamiento. Para que la última opción (iii) se funcional, la turbina 410 de vapor debe tener una entrada para vapor de baja presión. Sin embargo, como el vapor en la tubería 351 puede tener una presión significativamente más alta que la baja presión final de la turbina 410 de vapor, esta disposición también puede ser técnicamente factible.

En cuanto a los términos “calentador intermedio” y “precalentador”, está dispuesto un precalentador 330, en la dirección del flujo del agua de alimentación, aguas arriba de todos los economizadores (240 en la figura 7) que está/están dispuesto/s, en la dirección del flujo de los gases de combustión, aguas arriba de un dispositivo 510 de limpieza de los gases de combustión. Como se indica en la figura 4a, cuando la planta de producción de energía está libre de tales economizadores (240, 220 en la figura 8; o 240 en la figura 7) que está/están dispuesto/s, en la dirección del flujo de los gases de combustión, aguas arriba de un dispositivo 510 de limpieza de los gases de

- combustión, el precalentador 330 está dispuesto, en la dirección del flujo del agua de alimentación en la tubería de agua de alimentación, aguas arriba de todos los economizadores (210, 220, 230). En el caso en que la planta de producción de energía está libre del dispositivo 510 de limpieza, el precalentador 330 puede estar dispuesto, en la dirección del flujo del agua de alimentación en la tubería de agua de alimentación, aguas arriba de todos los economizadores (ver la figura 5, incluso si esta realización no comprende un precalentador). Por otra parte, cuando la caldera comprende dos o más post economizadores (220, 240, figura 8) en el lado limpio del ducto 110 de gases de combustión (el lado limpio haciendo referencia a los puntos aguas abajo del dispositivo 510 de limpieza), un calentador de agua de alimentación operado por vapor en medio de los citados economizadores puede denominarse como un calentador 320 intermedio (figura 8).
- 5
- 10 Como el vapor de calentamiento ya tiene una presión y temperatura razonablemente altas (ver continuación) el agua de alimentación puede incluso hervir en el calentador 310 secundario sin riesgo de explosión. Incluso si el agua de alimentación hirviera en el calentador 310 secundario, la diferencia de presión entre el agua de alimentación y el vapor de calentamiento sería tan baja, que la tubería del calentador 310 secundario toleraría la diferencia de presión. Además, como la transferencia de calor desde el vapor de calentamiento a una tubería de intercambiador de calor es mucho más eficiente que la de los gases de combustión a una tubería de intercambiador de calor, la temperatura de la tubería del intercambiador de calor en el calentador 310 secundario permanecerá en un nivel razonable incluso si el agua de alimentación hierve en el calentador secundario. Sin embargo, como se comentará, típicamente el agua de alimentación no hierve en el calentador 310 secundario.
- 15
- 20 En cuanto a las presiones en la caldera en funcionamiento y con referencia a la figura 3, en el recipiente 250 el agua tiene una primera presión p_1 y una primera temperatura T_1 . Estas corresponden a la presión y a la temperatura de saturación (p_1 , T_1) del agua, tales como (80 bar(a), 296°C), (90 bar(a), 304°C), (100 bar(a), 312°C), (110 bar(a), 319°C), (120 bar(a), 325°C), (130 bar(a), 331°C), (140 bar(a), 337°C) o (150 bar (a), 343°C); u otras presiones y temperaturas de saturación adecuadas.
- 25
- En los recalentadores 260, 270 la temperatura aumenta debido a los intercambios e calor. Sin embargo, la presión disminuye, porque el vapor es impulsado por su propia presión, por lo que típicamente hay una caída de presión de 6 a 20 bar, entre la presión después del recalentador/es y la presión del recipiente. Por lo tanto p_1-p_2 puede ser, por ejemplo, desde 6 bar a 20 bar.
- 30
- 35 En cuanto a las presiones adecuadas para el vapor de calentamiento, la presión p_3 del vapor de calentamiento en la primera salida 412 (ver figura 3), debe ser razonablemente alta, por ejemplo, de al menos 40 bar(a). Además, desde el punto de vista de la producción de electricidad, es factible usar el vapor con la presión más alta para producir electricidad. Por lo tanto, preferiblemente, la presión p_3 del vapor de calentamiento en la primera salida 412 (ver la figura 3) es preferiblemente a lo sumo un valor máximo, en el que el valor máximo es 10 bar menor que la presión p_2 del vapor que entra en la turbina 410 de vapor. Por lo tanto, p_3 puede estar en el rango de 40 bar(a) a p_2-10 bar. Además o alternativamente, p_3 puede estar en el rango de 40 bar(a) a 90 bar(a). La presión p_3 del vapor de calentamiento puede ser, por ejemplo, del 40% al 90% de la presión p_2 del vapor que entra en la turbina 410 de vapor desde la cual se deja salir el vapor de calentamiento. Preferiblemente, la presión p_3 del vapor de calentamiento puede ser del 50% al 80% o del 60% al 80% o más preferiblemente del 60% al 70% de la presión p_2 del vapor sobrecalentado. Operando la planta 900 de producción de energía de esta manera que se alcanzan estos valores se ha encontrado que se aumenta particularmente la producción de electricidad.
- 40
- 45 En cuanto a la primera salida 412, la presión p_3 puede estar, por ejemplo, en el intervalo anteriormente mencionado. Las temperaturas de saturación para estas presiones podrían ser 252°C y 304°C, respectivamente. Sin embargo, el vapor de calentamiento, que se libera desde la primera salida 412 se sobrecalienta preferiblemente al menos a 50°C, tal como desde 150°C a 200°C. Preferiblemente, al menos algo de vapor de calentamiento se condensa en el calentador 310 secundario. Además, debido a la función técnica del calentador 310 secundario, en funcionamiento de los mismos, los parámetros del proceso son seleccionados de manera tal que la temperatura del vapor de calentamiento en el calentador 310 secundario (por ejemplo, entre el núcleo 314 y la tubería 312) excede la temperatura del agua de alimentación en el calentador 310 secundario (por ejemplo, en la tubería 312). La diferencia de temperatura entre el recipiente 250 y el agua de alimentación en el calentador secundario puede depender de forma significativa de los otros componentes de la planta 900 de producción de energía (por ejemplo, la presencia de un calentador intermedio 320 y/o un precalentador 330 y/o el número de economizadores 210, 220, 230, 240). En una realización, la temperatura T_3 del vapor de calentamiento, antes del calentador 310 secundario, puede, en funcionamiento, ser, por ejemplo, de 350°C a 500°C.
- 50
- 55 Como se indicó anteriormente, en una realización, la planta de producción de energía se utiliza de tal manera que el vapor de calentamiento está sobrecalentado en una ubicación aguas arriba del calentador 310 secundario en la dirección del flujo del vapor de calentamiento. Como es evidente, el vapor de calentamiento también está sobrecalentado en una ubicación aguas abajo de al menos un recalentador. Por lo tanto, en un funcionamiento, dicho vapor de calentamiento es usado ya que está sobrecalentado o ha sido sobrecalentado en una lugar entre el calentador 310 secundario y un recalentador 260, 270.
- 60
- Para controlar la temperatura T_0 del agua de alimentación que sale del calentador 310 secundario, la planta de producción de energía puede comprender una primera válvula 611 configurada para controlar el flujo del vapor de

- calentamiento desde la turbina 410 de vapor hasta el calentador 310 secundario. Alternativamente o además, para controlar la temperatura T0 del agua de alimentación procedente del calentador 310 secundario, la planta de producción de energía puede comprender una válvula 613 configurada para controlar el flujo de condensado de la misma que sale del calentador 310 secundario. Al controlar el flujo de salida, la válvula 613 está configurada para controlar el nivel de condensado en el calentador 310 secundario. Como se indicó anteriormente, al menos parte del vapor de calentamiento se condensa preferiblemente en el calentador 310 secundario. Por lo tanto, el calentador 310 secundario comprende algo de vapor de calentamiento condensado (es decir, agua) y algo de vapor de calentamiento. Por lo tanto, en el calentador 310 secundario, en funcionamiento, hay una superficie de agua, siendo la superficie horizontal. El nivel de condensado antes mencionado puede referirse a una ubicación vertical de la superficie de agua en el calentador 310 secundario. Como es evidente, el nivel de condensado también es por lo tanto indicativo de la cantidad de agua (es decir vapor de calentamiento condensado) en el calentador 310 secundario. El nivel de condensado afecta a la velocidad de transferencia de calor desde el vapor de calentamiento hasta el agua de alimentación y por lo tanto afecta a la temperatura T0. El nivel de condensado, por otra parte, puede controlarse con una (o ambas) válvulas 611, 613.
- La planta de producción de energía comprende un sensor 652 de temperatura configurado para detectar la temperatura T0 del agua de alimentación que entra en el recipiente 250. En el caso de que no se use un condensador 390 de agua dulce, esto puede corresponder a la temperatura del agua de alimentación que sale del calentador 310 secundario. La planta de producción de energía comprende una unidad 600 de control configurada para controlar al menos una de (a) la apertura de la primera válvula 611 y (b) la apertura de la segunda válvula 613, utilizando una señal indicativa de la temperatura T0 del agua de alimentación que entra en el recipiente 250. Dicha señal puede recibirse, por ejemplo, del sensor 652. La planta de producción de energía puede comprender una unidad 600 de control configurada para controlar al menos una de (a) la apertura de la primera válvula 611 y (b) la apertura de la segunda válvula 613, utilizando una señal indicativa de la temperatura T0 del agua de alimentación que entra en el recipiente 250 de tal manera que la temperatura T0 del agua de alimentación que salga del calentador 310 secundario en al menos 1°C más fría que la del agua en el recipiente 250. Esto asegura que en el último economizador 210 no hervirá el agua de alimentación. Además, puede ser preferible, desde el punto de vista de la capacidad de producción de electricidad, que haya una diferencia de temperatura entre el agua en el recipiente y el agua de alimentación en el calentador secundario.
- Preferiblemente, la unidad 600 de control está configurada para controlar al menos una de (a) la apertura de la primera válvula 611 y (b) la apertura de la válvula 613 de modo que la diferencia de temperatura T1-T0 entre la temperatura de saturación T1 en el recipiente 250 y la temperatura T0 (ver arriba) están en un rango objetivo. El rango objetivo puede ser, por ejemplo, de 1°C a 60°C, tal como de 5°C a 20°C. La temperatura T1 de saturación puede ser medida con otro sensor. En la alternativa la temperatura T1 de saturación puede determinarse midiendo la presión p1 de saturación en el recipiente 250 y calculando la temperatura de saturación T1 correspondiente. Aún más, la temperatura y/o la presión de saturación pueden diseñarse para tener, en funcionamiento, un valor. Al menos una de las válvulas 611, 613 puede controlarse utilizando el valor T1 de la temperatura diseñado, diferencia T1-T0 de temperatura diseñada y temperatura T0 medida. En la práctica, puede ser suficiente controlar una sola de las válvulas 611, 613.
- Una realización de la planta de producción de energía comprende además otro sensor 615 de temperatura configurado para detectar la temperatura TA del agua de alimentación que entra en el calentador 310 secundario (por ejemplo, saliendo del último economizador 210). La unidad 600 de control de la planta 900 de producción de energía puede estar configurada para controlar al menos uno de (a) la apertura de la primera válvula 611 y (b) la apertura de la segunda válvula 613, utilizando una primera señal indicativa de la temperatura T0 del agua de alimentación que va al recipiente 250 y una segunda señal indicativa de la temperatura TA del agua de alimentación que entra al calentador 310 secundario. La unidad de control de la planta 900 de producción de energía puede estar configurada para controlar las aperturas de las válvulas para lograr una correcta diferencia de temperaturas T1-T0 como se comentó anteriormente.
- Con referencia a la figura 3, la turbina 410 de vapor puede comprender una segunda salida 414 para liberar vapor para otros propósitos, tales como soplar hollín. La presión p3 del vapor para el calentador 310 secundario es, en general, más alta que la presión del vapor en la segunda salida 414. Además, la temperatura T3 del vapor para el calentador 310 secundario es, en general, más alta que la temperatura del vapor en la segunda salida 414. La presión del vapor en la segunda salida 414 puede ser, por ejemplo, de 30 bar(a) a 50 bar(a), tal como 40 bar(a).
- Con referencia a las figuras 1a y 2, en una realización la tubería de agua de alimentación comprende también otro economizador 220. El agua de alimentación está configurada para fluir hacia el último economizador 210 a través del otro economizador 220. Entre los economizadores 210, 220 (en la dirección del flujo del agua de alimentación), se dispone un calentador intermedio 320. El calentador intermedio es un intercambiador de calor configurado para calentar agua de alimentación utilizando calor de algo de vapor. Al menos parte del vapor para el calentador intermedio 320 puede recibirse desde el calentador 310 secundario (como por ejemplo en las figuras 1a y 2). Además o alternativamente, algo de vapor puede ser transportado al calentador intermedio 320 de otra parte tal como vapor de la turbina 410 y/o la tubería del recalentador. Correspondientemente una planta 900 de producción de energía puede comprender una tubería 321 adecuada para este fin (ver la figura 2) y configurada para transportar vapor de la manera descrita. En la alternativa, todo el vapor para el calentador intermedio 320 puede ser

transportado desde otro lugar que el calentador 310 secundario, por ejemplo, desde la turbina 410 de vapor, tal como desde la segunda salida 414 de la misma (véase la figura 3).

Con referencia a las figuras 1a y 2, en una realización, se dispone un precalentador 330 antes (es decir aguas arriba en la dirección del flujo del agua de alimentación desde) los economizadores 210, 220. El precalentador 330 está dispuesto después (es decir aguas abajo en la dirección del flujo del agua de alimentación desde) el tanque 200 de agua de alimentación. El precalentador 330 es un intercambiador de calor configurado para calentar agua de alimentación utilizando calor de algún vapor. Al menos parte del vapor para el precalentador 330 puede recibirse desde el calentador intermedio 320. En las figuras, para mayor claridad, no se indican otras fuentes de vapor para el precalentador 330. Como se comentó en el contexto del calentador intermedio 320, al menos parte del vapor para el precalentador 330 puede recibirse desde el calentador 310 secundario, este es el caso en particular, cuando la planta de producción de energía no comprende un calentador intermedio 320 (ver la figura 5, incluso la figura 5 no muestra un precalentador 330). En la alternativa, el vapor para el precalentador 330 puede ser transportado, por ejemplo, desde el vapor de la turbina 410, tal como desde la segunda salida 414 de la misma.

Una planta 900 de producción de energía puede comprender un calentador 310 secundario sin que comprenda un calentador intermedio 320 o un precalentador 330, como se indica en la figura 5.

Con referencia a la figura 6, una planta de producción de energía puede comprender un economizador 230 adicional. Dicha planta de producción de energía puede comprender un calentador intermedio 322 adicional. Dicha planta de producción de energía puede comprender un precalentador 332 adicional. Dicha planta de producción de energía puede comprender únicamente un calentador 310 secundario o más de un calentador 310 secundario, en el que el calentador 310 secundario (o todos los calentadores secundarios) está/están dispuesto/s después (en la dirección del flujo del agua de alimentación) el último economizador 210. La citada planta de producción de energía puede comprender solamente un precalentador o más de un precalentador, en la que el precalentador (o todos los precalentadores) están dispuestos antes (en la dirección del flujo del agua de alimentación) el primer economizador, o antes (en la dirección del flujo del agua de alimentación) el primer economizador que está en el lado sucio del dispositivo 510 de limpieza de los gases de combustión; el lado sucio se refiere a las ubicaciones dentro del ducto de gases de combustión aguas arriba del dispositivo 510 de limpieza en la dirección del flujo de los gases de combustión. La mencionada planta de producción de energía puede comprender al menos dos economizadores y al menos un calentador intermedio, en la que el calentador intermedio (o todos los calentadores intermedios) están dispuestos entre (en la dirección del flujo del agua de alimentación) el primer economizador (como un post economizador 240) y el último economizador 210. La planta de producción de energía puede comprender, por ejemplo, un calentador intermedio entre cada par de economizadores posteriores. El par de economizadores posteriores se refiere a dos de tales economizadores que ningún otro economizador esté dispuesto entre ellos en la dirección del flujo de agua de alimentación.

Con referencia a las figuras 1a y 6, el calor de los gases de combustión puede recuperarse en el aire de combustión mediante un precalentador 124 de aire. De forma sencilla, el precalentador 124 de aire puede ser un intercambiador de calor dispuesto en el ducto 110 de los gases de combustión. Además o alternativamente, con referencia a la figura 2, el calor de los gases de combustión puede recuperarse en una circulación 520 de agua separada, tal como un refrigerador de los gases de combustión. Con referencia a las figuras 7 y 8, además o alternativamente, el agua de alimentación se puede calentar en un intercambiador 240 de calor, tal como un post economizador 240, utilizando el calor de los gases de combustión. Como se indica en la figura 8, preferiblemente el calor se recupera de los gases de combustión tanto para el agua de alimentación como para utilizarlo en la circulación 520 separada de agua. La circulación 520 separada de agua puede estar configurada para calentar aire de combustión como en la figura 8 y/o agua de alimentación que entra al tanque de agua de alimentación como se indica en la figura 4.

Con referencia a las figuras 7 y 8, una realización comprende un post economizador 240 configurado para el intercambio de calor entre los gases de combustión y el agua de alimentación. La realización de la figura 8 comprende además otro post economizador 220. Una parte del post economizador 240 está dispuesto en el ducto 110 de gases de combustión. Además, el post economizador 240 está dispuesto aguas abajo del tanque 200 de agua de alimentación en la dirección del flujo del agua de alimentación. Aún más, el término "post economizador" se refiere a un economizador que está dispuesto en el lado limpio del dispositivo 510 de limpieza de los gases de combustión. El lado limpio, por otra parte, se refiere a localizaciones del ducto de gases de combustión que están, en la dirección del flujo de gases de combustión, aguas abajo del dispositivo 510 de limpieza de los gases de combustión.

Con referencia a la figura 8, una realización comprende además una circulación 520 de agua separada. Una parte de la circulación 520 de agua separada puede estar dispuesta en el ducto 110 de gases de combustión, estando la parte también dispuesta aguas abajo del post economizador 240, en la dirección del flujo de los gases de combustión. Además, el calor del vapor y/o condensado del calentador 310 secundario o calentador intermedio 320 o precalentador 330 se puede utilizar para calentar el aire de combustión en un precalentador 122 de aire (ver figura 1a) o agua de alimentación en un precalentador de agua antes del tanque 200 de agua de alimentación.

Como una alternativa al post economizador 240, la caldera puede comprender un precalentador 124 de aire de combustión (ver figuras 6 y 1a) configurado para calentar aire de combustión utilizando calor de los gases de

combustión, preferiblemente gases de combustión limpios. Típicamente, incluso si es técnicamente posible, no es económicamente factible tener ambos un post economizador 240 y el citado precalentador 124 de aire de combustión.

5 El enfriador 520 de gases de combustión puede estar formado por una circulación de agua separada y puede estar configurado para calentar [a] agua de alimentación, por ejemplo antes del tanque 200 de agua de alimentación (ver figura 4) o [b] aire de combustión (ver figura 2), o [c] ambos agua de alimentación y aire de combustión, por ejemplo sucesivamente. También seguirán otras posibilidades. Se ha observado que el enfriador 520 de gases de combustión efectivamente enfría los gases de combustión, reduciendo por lo tanto aún más la cantidad de calor emitida por la planta de producción de energía. El enfriador 520 de gases de combustión tiene una circulación de
10 agua de refrigeración separada, es decir separada de la circulación de agua de alimentación, y está dispuesta como una última etapa de economizadores. Como la circulación de agua de refrigeración está separada, no hay agua en la circulación del agua de refrigeración que se transporte a la tubería de agua de alimentación (210, 220, 310, 312, 320, 322, 330, 332). El enfriador de los gases de combustión puede disponer además para de gases de combustión fríos mediante el intercambiador 522 de calor configurado para transferir calor del agua de la circulación de agua de refrigeración para utilización.
15

En cuanto a la utilización del calor de la circulación del agua del enfriador de los gases de combustión hay algunas opciones que no son mutuamente excluyentes. En primer lugar, el intercambiador 522 de calor puede estar dispuesto para calentar el aire de combustión, como se indica en la figura 8. En segundo lugar, el intercambiador 522 de calor puede estar dispuesto para calentar el agua de alimentación en un punto aguas arriba del tanque de
20 alimentación de agua, en la dirección del flujo del agua de alimentación, como se indica en la figura 4b. En tercer lugar, el intercambiador 522 de calor puede estar dispuesto para calentar agua de alimentación en un punto aguas abajo del tanque de agua de alimentación, por ejemplo, entre el tanque de agua de alimentación y un economizador (240, 230), en la dirección del flujo del agua de alimentación (no mostrado). Y en cuarto lugar, el intercambiador 522 de calor puede utilizarse para fines de secado, por ejemplo, secado de biomasa para ser quemada. El intercambiador 522 de calor puede configurarse para calentar la biomasa y/o directamente secado de aire o a través de otra circulación de algún medio de transferencia de calor.
25

Con referencia a las figuras 1a, 2, 4a, 7 y 8, se puede utilizar un dispositivo 510 de limpieza para limpiar los gases de combustión. El dispositivo 510 de limpieza puede comprender un precipitador electrostático. Además o
30 alternativamente, el dispositivo 510 de limpieza puede comprender un filtro, tal como un filtro de bolsa. A continuación, el dispositivo 510 de limpieza es un precipitador electrostático. El precipitador 510 electrostático puede estar dispuesto, en la dirección del flujo de gases de la combustión, aguas debajo del último economizador 210. Con referencia a la figura 4a, el precipitador 510 electrostático puede estar dispuesto, en la dirección del flujo de gases de combustión, aguas debajo de todos los economizadores, a través de los cuales está configurada el agua de alimentación para fluir. Con referencia a las figuras 7 y 8, el precipitador 510 electrostático puede estar dispuesto, en
35 la dirección del flujo de los gases de combustión, aguas abajo del último economizador 210 y aguas arriba de otro economizador 240. El enfriador 520 de gases de combustión puede estar dispuesto más aguas abajo del precipitador 510 electrostático, en la dirección del flujo de los gases de combustión.

Otros componentes, tales como un depurador de gases de combustión y/o una unidad SCR (unidad de reducción catalítica selectiva) pueden ser usados para limpiar los gases de combustión, como se conoce en la técnica. La
40 planta de producción de energía puede comprender un depurador, del cual se dispone una parte, en la dirección del flujo de los gases de combustión, en el ducto de los gases de combustión aguas abajo del último economizador 210. La planta de producción de energía puede comprender una unidad SCR, una parte de la cual está dispuesta en el ducto de gases de combustión aguas abajo del último economizador 210.

Con referencia a la figura 4a, una realización de la planta 900 de producción de energía comprende los
45 recalentadores 260, 270 posteriores, pero solamente una turbina 410 de vapor. La planta de producción de energía comprende un calentador 310 secundario, un calentador intermedio 320 y un precalentador 330; así como un primer economizador 220 y un último economizador 210, como se comentó anteriormente.

Para controlar la temperatura T2 (comparar con la figura 3) del vapor después del último recalentador 270, la planta 900 de producción de energía de las figuras 4a y 4b comprende una disposición 385 de atemperador (es decir atemperador). El atemperador 385 de la figura 4a comprende un condensador 390 de agua dulce configurado para condensar parte del vapor del recipiente 250 a agua dulce. El atemperador 385 comprende boquillas 395 para pulverizar agua dulce al vapor entre los recalentadores 260, 270. Dicho atemperador puede ser denominado como un Dolezal o un atemperador Dolezal. Incluso si la planta 900 de producción de energía no comprende un
50 condensador 385 de agua dulce, la planta 900 de producción de energía puede comprender boquilla 395 para pulverizar agua dulce (tal como agua de alimentación) al vapor entre los recalentadores 260 y 270. Además, la planta de producción de energía puede comprender boquillas 395 configuradas para pulverizar la citada agua que se ha condensado del vapor en el condensador 390 de agua dulce al vapor entre los recalentadores 260 y 270, y otras boquillas 395 configuradas para pulverizar otras aguas al vapor entre los recalentadores 260 y 270.
55

El calentador 310 secundario es particularmente adecuado para las plantas 900 de producción de energía que
60 tienen una disposición 385 de atemperador con un condensador 390 de agua dulce. Esto se debe al hecho de que

en el caso de una disposición 385 de atemperador con agua dulce se usa el condensador 390, la temperatura del agua de alimentación antes del recipiente debe ser razonablemente baja para garantizar el funcionamiento del condensador 390 de agua dulce. Sin embargo, una disposición 385 de atemperador no comprende necesariamente un condensador 390 de agua dulce. Es suficiente pulverizar agua de otra fuente en la tubería del recalentador. Típicamente, en un atemperador, el agua se pulveriza en una ubicación antes del recalentador. Preferiblemente el agua se pulveriza entre dos recalentadores.

Como se indicó en la figura 4a, en una realización, el calentador 310 secundario puede ser colocado, en la dirección del flujo del agua de alimentación, antes (es decir aguas arriba de) el condensador 390 de agua dulce. Esto tiene el efecto de que el calentador 310 secundario opera de manera efectiva, puesto que el agua de alimentación está más fría antes del condensador 390 de agua dulce que después del condensador 390 de agua dulce. Esta disposición es, por lo tanto, beneficiosa desde el punto de vista de la cantidad de energía producida.

Sin embargo, desde el punto de vista de los costes de inversión, como se indica en la figura 4b, el condensador 390 de agua dulce y el calentador 310 secundario pueden estar dispuestos también en orden inverso con respecto a la dirección del flujo del agua de alimentación. En esta realización, el calentador 310 secundario, está ubicado en la dirección del flujo del agua de alimentación, después del condensador 390 de agua dulce. En tal caso, un condensador 390 de agua dulce más pequeño es suficiente, ya que el agua de alimentación en su interior está fría. Esto reduce los costes de inversión relacionados con el condensador 390 de agua dulce. Por lo tanto, dependiendo del caso, cualquiera de estas disposiciones puede ser preferida.

La figura 5 muestra una realización simple de la invención. Allí, una turbina 410 de vapor está configurada para operar un generador 415 utilizando vapor, que se recalienta en un recalentador 260. El vapor saturado se alimenta al recalentador 260 desde el depósito 250. La planta de producción de energía comprende también un economizador 210, que, siendo el único economizador, es el último economizador 210 antes del depósito 250 en la dirección del flujo de agua de alimentación. En el ducto 110 de gases de combustión, se dispone el último economizador 210, en la dirección del flujo de gases de combustión, aguas abajo del recalentador. La planta de producción de energía comprende un calentador 310 secundario configurado para calentar agua y/o vapor que circulan por la tubería de agua de alimentación utilizando vapor de calentamiento. El calentador 310 secundario está dispuesto, en la dirección del flujo del agua de alimentación en la tubería de agua de alimentación y a lo largo de la tubería de agua de alimentación aguas arriba del depósito 250. El calentador 310 secundario está dispuesto, en la dirección del flujo del agua de alimentación en la tubería de agua de alimentación y a lo largo de la tubería de agua de alimentación aguas abajo del último economizador 210. La planta de producción de energía comprende además una tubería 610 configurada para transportar vapor de calentamiento desde la turbina 410 de vapor al calentador 310 secundario.

Además de las realizaciones mencionadas anteriormente, las reivindicaciones describen realizaciones adicionales.

REIVINDICACIONES

1. Una planta (900) de producción de energía que comprende
 - una disposición de una turbina (410, 420) de vapor y un generador (415, 425) para producir energía eléctrica utilizando vapor.
- 5 - una caldera (100) que tiene
 - un horno (105).
 - un ducto (110) de gases de combustión para vehicular gases de combustión del horno (105).
 - un recipiente (250).
- 10 • tubería de recalentador (260, 270) para recalentar vapor y transportar vapor desde el recipiente (250) a turbina (410) de vapor.
- tuberías (210, 220, 230, 240, 310, 312, 320, 322, 330, 332) de agua de alimentación para alimentar agua y/o vapor al recipiente (250).
- 15 • un último economizador (210) que está en la dirección del flujo de agua de alimentación en las tuberías (210, 220, 230, 240, 310, 312, 320, 322, 330, 332) de agua de alimentación el último economizador (210) que forma una parte de la tubería de agua de alimentación, y está dispuesto en una ubicación tal que ningún otro economizador está dispuesto en la dirección del flujo de agua de alimentación entre el último economizador (210) y el recipiente (250) en la tubería de agua de alimentación.
- un calentador (310) secundario
- 20 • configurado para calentar agua y/o vapor que circula en las tuberías (210, 220, 230, 240, 310, 312, 320, 322, 330, 332) de agua de alimentación utilizando vapor de calentamiento y
- dispuesto, en la dirección del flujo del agua de alimentación en las tuberías (210, 220, 230, 240, 310, 312, 320, 322, 330, 332) de agua de alimentación y a lo largo de la tubería de agua de alimentación (210, 220, 230, 240, 310, 312, 320, 322, 330, 332), aguas arriba del recipiente (250) y aguas abajo del último economizador (210) y
- 25 - una tubería (610, 610a, 610b, 610c) para transportar el vapor de calentamiento al calentador (310) secundario, en el que
- la tubería (610, 610a, 610b, 610c) está configurada para transportar el vapor de calentamiento al calentador (310) secundario desde al menos uno de
- una ubicación de la tubería del recalentador (260, 270), estando dispuesta la ubicación, en la dirección del flujo del vapor en la tubería del recalentador, aguas debajo de al menos una fase de la turbina (410) de vapor,
- 30 • la turbina (410) de vapor, y
- una red de vapor configurada para recibir vapor de otra caldera.
2. La planta (900) de producción de energía de acuerdo con la reivindicación 1, en la que
- el último economizador (210) está configurado para calentar el agua de la tubería de agua de alimentación (210, 220, 230, 240, 310, 312, 320, 322, 330, 332),
- 35 - al menos una parte del último economizador (210) está dispuesta en el ducto (110) de los gases de combustión, y
- el último economizador (210) está, en la dirección del flujo de los gases de combustión en el ducto de los gases de combustión, el único o el primer economizador (210); opcionalmente,
- el último economizador (210) comprende tubos de transferencia de calor que comprenden partes rectas de tal manera que las partes rectas están orientadas paralelas entre sí, en donde
- 40 • la dirección longitudinal de las partes rectas forma un ángulo como máximo de 45 grados, preferiblemente como máximo de 30 grados, con la dirección del flujo de los gases de combustión entre dichos tubos de transferencia de calor o
- la dirección longitudinal de las partes rectas forma un ángulo de más de 45 grados, preferiblemente de al menos 60 grados, con la dirección del flujo de los gases de combustión entre dichos tubos de transferencia de calor.
- 45 3. La planta (900) de producción de energía de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en la que

- la caldera (100) que comprende boquillas (106) adecuadas para alimentar licor negro en el horno (105), por lo cual la caldera (100) es una caldera de recuperación.
4. La planta (900) de producción de energía de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que
- 5 - el material de la tubería (610) para transportar el vapor de calentamiento se selecciona de tal manera que la tubería (610) para transportar el vapor de calentamiento está configurada para soportar vapor que tiene una presión de al menos 40 bar (bar(a)) y una temperatura de al menos 250°C;
- opcionalmente,
- la tubería (610) está configurada para soportar vapor que tiene una presión de al menos 60 bar (bar(a)) y una temperatura de al menos 500°C.
- 10 5. La planta (900) de producción de energía de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que
- el calentador (310) secundario comprende
 - tubería (312) del intercambiador de calor, en la que el agua de alimentación está configurada para circular y
 - una carcasa (314) de tal manera que el vapor de calentamiento está configurado para pasar entre la carcasa (314) y la tubería (312) del intercambiador de calor, en la que
- 15 - el material de la carcasa (314) se selecciona de tal manera que la carcasa (314) esté configurada para resistir un vapor que tiene una presión de al menos 40 bar (bar(a)) y una temperatura de al menos 250°C;
- opcionalmente,
- la carcasa (314) está configurada para resistir vapor que tiene una presión de al menos 60 bar (bar(a)) y una temperatura de al menos 500°C.
- 20 6. La planta (900) de producción de energía de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende
- una turbina (410, 420) de vapor de contrapresión o una turbina (410, 420) de condensación en conexión con el generador (415, 425);
- preferiblemente,
- la planta (900) de producción de energía comprende una turbina (410, 420) de vapor de contrapresión en conexión con el generador (415, 425).
- 25 7. La planta (900) de producción de energía de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende
- un precalentador (320, 330, 322, 332) configurado para calentar agua y/o vapor que circula en la tubería (210, 220, 230, 240, 310, 312, 320, 322, 330, 332) de agua de alimentación utilizando algo de vapor, en el que
- 30 - el precalentador (320, 330, 322, 332) está dispuesto en la dirección del flujo del agua de alimentación en la tubería (210, 220, 310, 312, 320, 322, 330, 332) de agua de alimentación, aguas arriba del último economizador (210).
8. La planta (900) de producción de energía de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende
- otro economizador (220, 230), en el que el otro economizador (220, 230)
 - está configurado para calentar agua de la tubería (210, 220, 230, 240, 310, 312, 320, 322, 330, 332), de agua de alimentación,
- 35 • comprende una superficie de transferencia de calor dispuesta en el ducto (110) de gases de combustión, y
- está dispuesto aguas arriba del último economizador (210) en la dirección de flujo del agua de alimentación en la tubería (210, 220, 230, 240, 310, 312, 320, 322, 330, 332) de agua de alimentación.
9. La planta (900) de producción de energía de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende
- un recalentador (320, 322) configurado para calentar agua y/o vapor que circula por la tubería (210, 220, 230, 240, 310, 312, 320, 322, 330, 332) de agua de alimentación utilizando algo de vapor, en el que
- 40 - el recalentador (320, 322) está dispuesto, en la dirección del flujo del agua de alimentación en la tubería (210, 220, 230, 240, 310, 312, 320, 322, 330, 332) de agua de alimentación, aguas arriba del último economizador (210) y aguas abajo del otro economizador (220, 230).
10. La planta (900) de producción de energía de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, que comprende

ES 2 692 406 T3

- un precalentador (330, 332) configurado para calentar el agua y/o el vapor que circulan por la tubería (210, 220, 230, 240, 310, 312, 320, 322, 330, 332) de agua de alimentación utilizando algo de vapor, en el que
 - el precalentador (330, 332) está dispuesto, en la dirección del flujo del agua de alimentación en la tubería (210, 220, 230, 240, 310, 312, 320, 322, 330, 332) de agua de alimentación, aguas arriba del otro economizador (220, 230);
- 5
- opcionalmente,
- el precalentador (330, 332) está dispuesto, en la dirección del flujo del agua de alimentación en la tubería (210, 220, 230, 240, 310, 312, 320, 322, 330, 332) de agua de alimentación, aguas arriba de todos los economizadores (210, 220, 230) o
- 10
- el precalentador (330, 332) está dispuesto, en la dirección del flujo del agua de alimentación en la tubería (210, 220, 230, 240, 310, 312, 320, 322, 330, 332) de agua de alimentación, aguas arriba de todos los citados economizadores (240) que está/n dispuestos, en la dirección del flujo de los gases de combustión, aguas arriba del dispositivo de limpieza (510) de los gases de combustión.
- 15
11. La planta (900) de producción de energía de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende
- un enfriador (520) de gases de combustión dispuesto en el ducto (110) de gases de combustión,
 - una circulación de agua de refrigeración configurada para circular agua de refrigeración a través del enfriador (520) de tal manera que el agua de la circulación del agua de refrigeración no se transporta a la tubería (210, 220, 230, 240, 310, 312, 320, 322, 330, 332) de agua de alimentación, y
- 20
- un intercambiador (522) de calor configurado para transferir calor del agua de circulación del agua de refrigeración para su utilización.
12. La planta (900) de producción de energía de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, que comprende
- un post economizador (240) configurado para intercambiar calor entre los gases de combustión y el agua de alimentación, en el que
 - una parte del post economizador (240) está dispuesta en el ducto (110) de gases de combustión y
 - el post economizador (240) está dispuesto aguas abajo del tanque (200) de agua de alimentación en la dirección del flujo de agua de alimentación y aguas arriba del último economizador (210) en la dirección del flujo del agua de alimentación;
- 25
- 30
- opcionalmente,
- el post economizador (240) está dispuesto, en la dirección del flujo de los gases de combustión, aguas abajo del dispositivo (510) de limpieza de los gases de combustión.
13. Utilización de la planta (900) de producción de energía de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, que comprende
- 35
- transportar vapor de calentamiento desde una salida (412) de la turbina (410) de vapor al calentador (310) secundario de tal manera que
 - la presión (p3) del vapor de calentamiento en la salida (412) es al menos 10 bar menor que la presión (p2) de vapor recalentado en un recalentador (260, 270);
- opcionalmente,
- 40
- la presión (p3) del vapor de calentamiento en la salida (412) es de al menos 40 bar (bar(a)) y/o
 - la temperatura (T3) del vapor de calentamiento en la salida (412) es de 350°C a 600°C.
14. Utilización de la planta (900) de producción de energía de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende
- dirigir el vapor recalentado a la turbina (410), vapor recalentado que tiene una segunda presión (p2),
 - liberar vapor de calentamiento de la salida (412) del vapor de la turbina (410), teniendo el vapor de calentamiento una tercera presión (p3) en la salida (412), en donde
- 45
- la relación de la tercera presión y la segunda presión (p3/p2) es del 40% al 90%; preferiblemente del 50% al 80%;

más preferiblemente del 60% al 80%; y más preferiblemente del 60% al 70%.

15. Utilización de la planta (900) de producción de energía de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13 a 14, en donde

- 5 - el vapor de calentamiento se recalienta en una posición aguas arriba del calentador (310) secundario en la dirección del flujo del vapor de calentamiento.

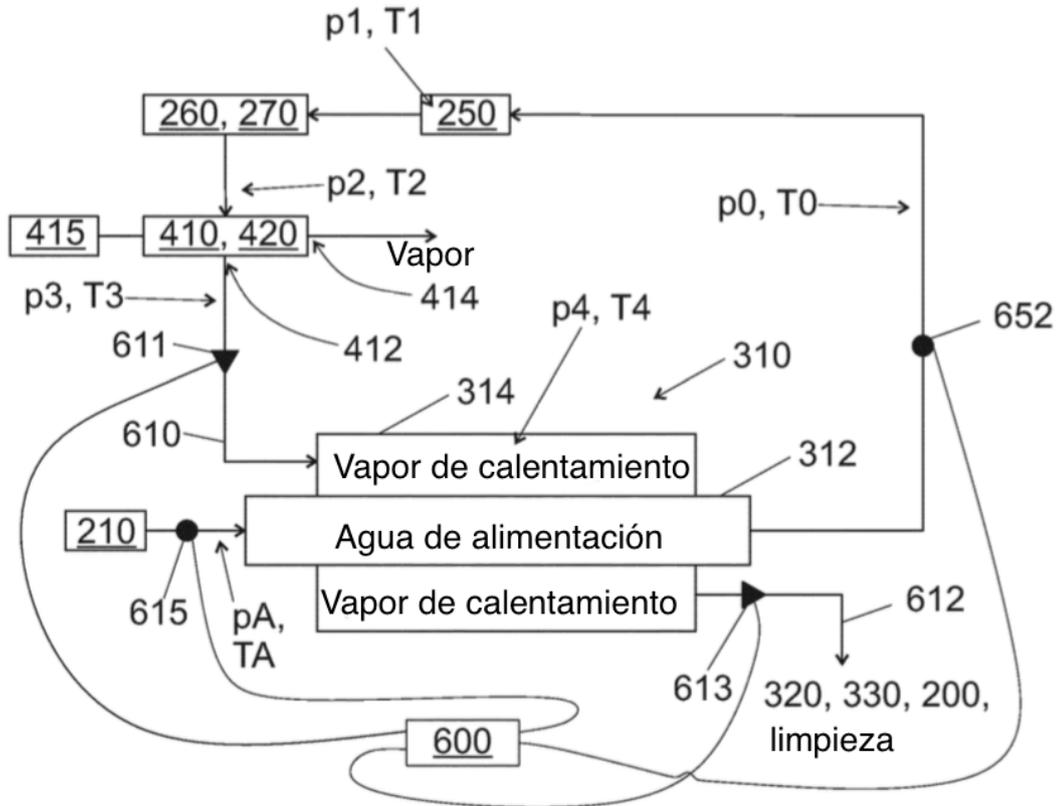


Fig. 3

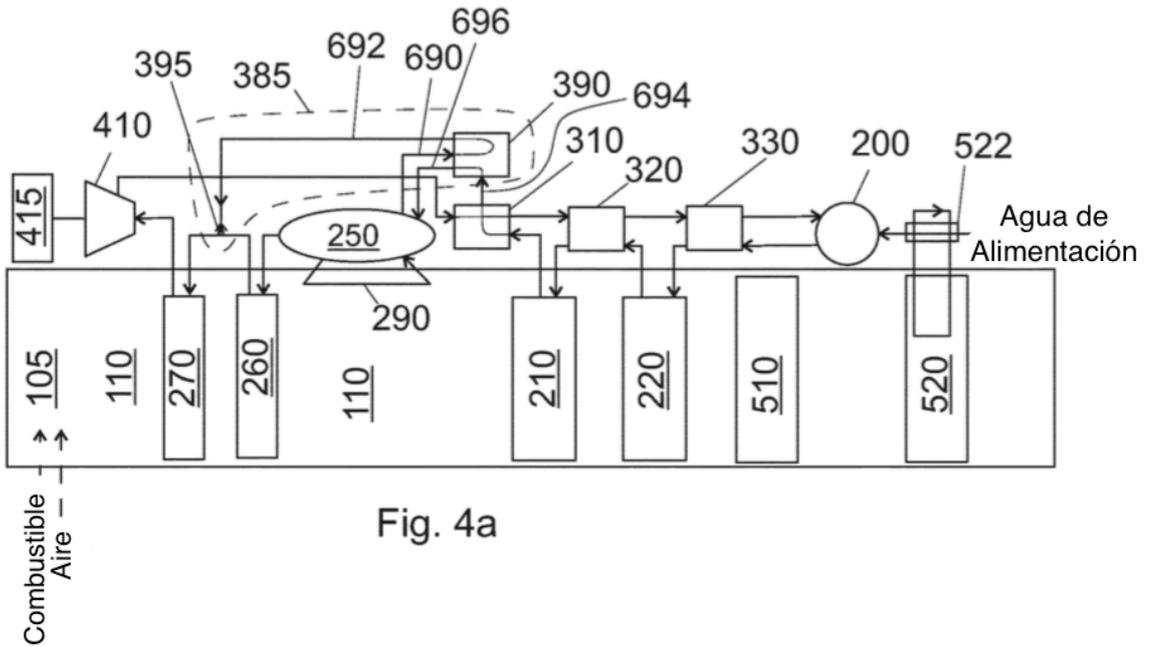


Fig. 4a

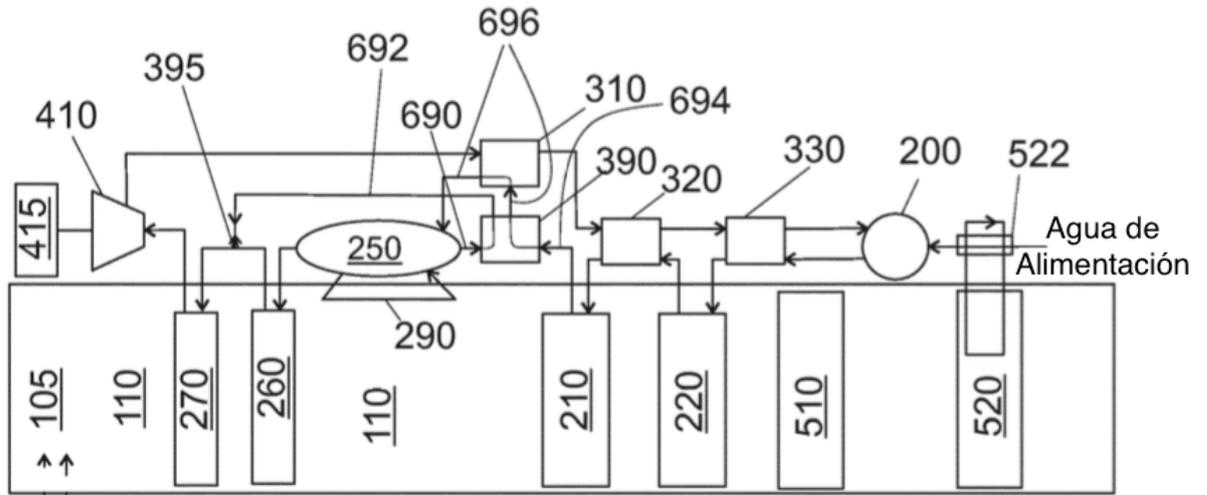


Fig. 4b

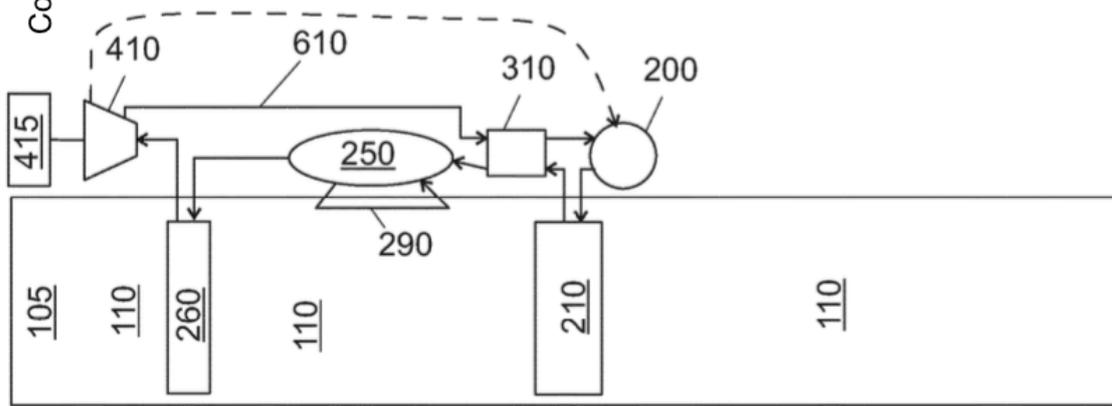


Fig. 5

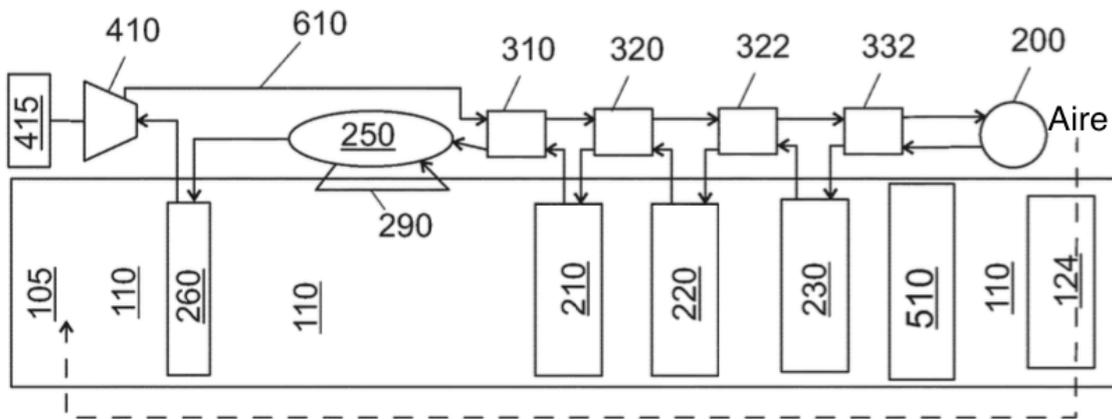
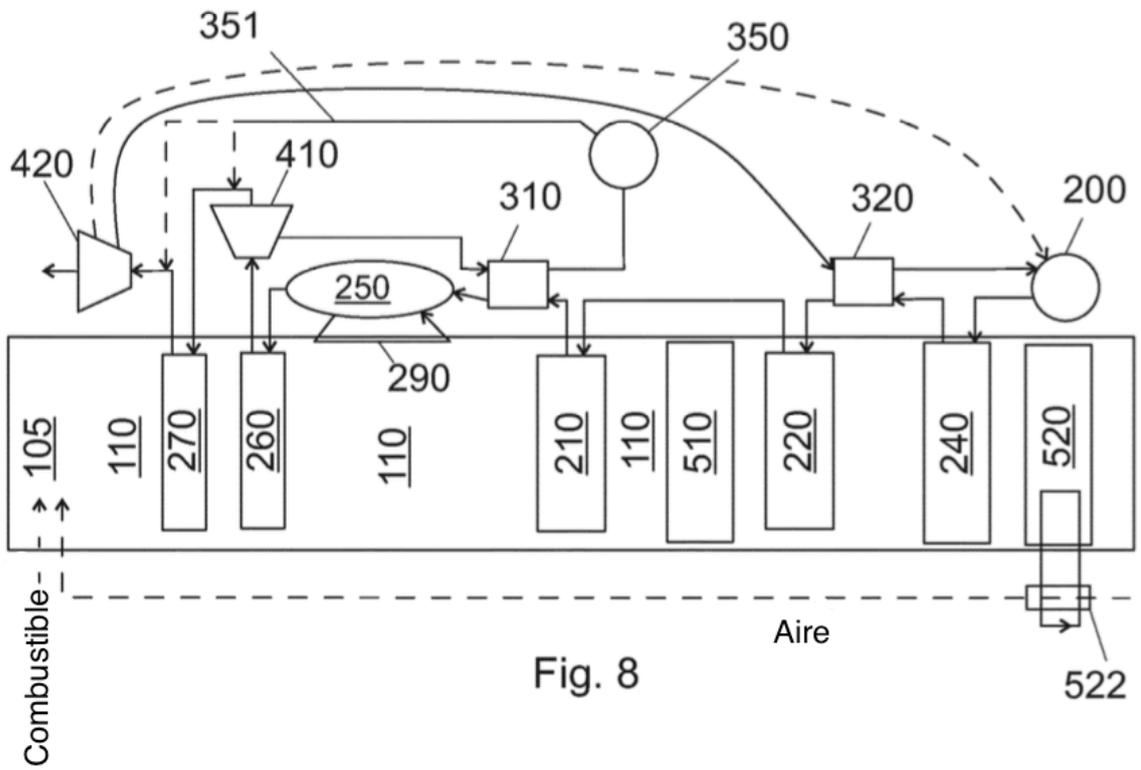
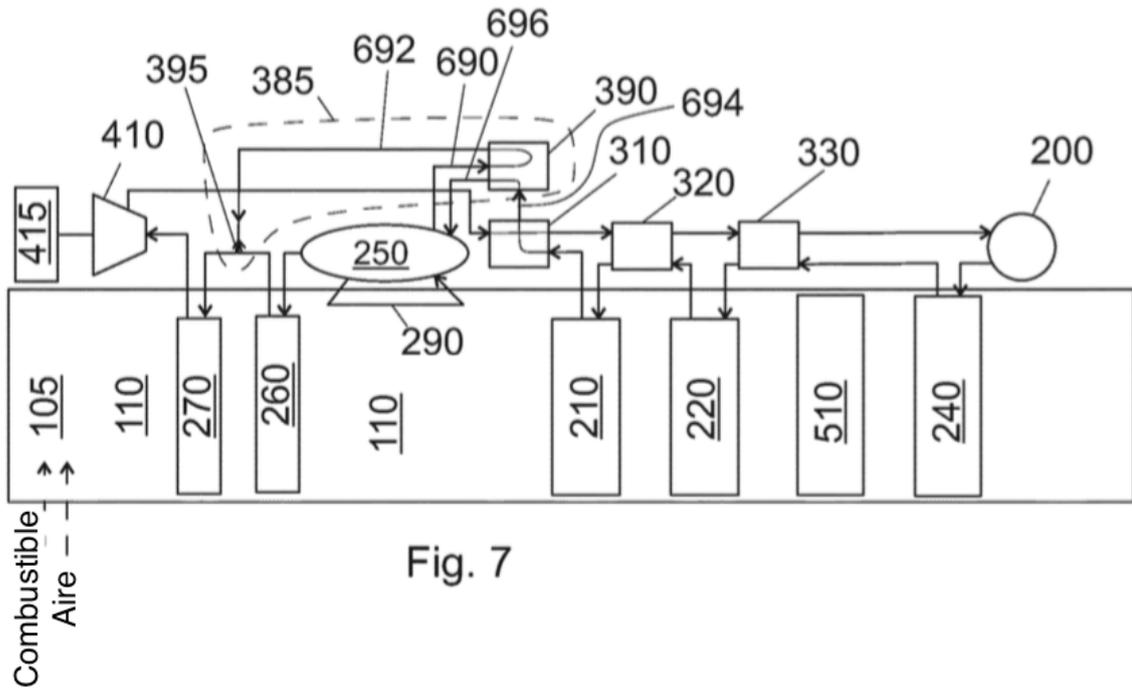


Fig. 6



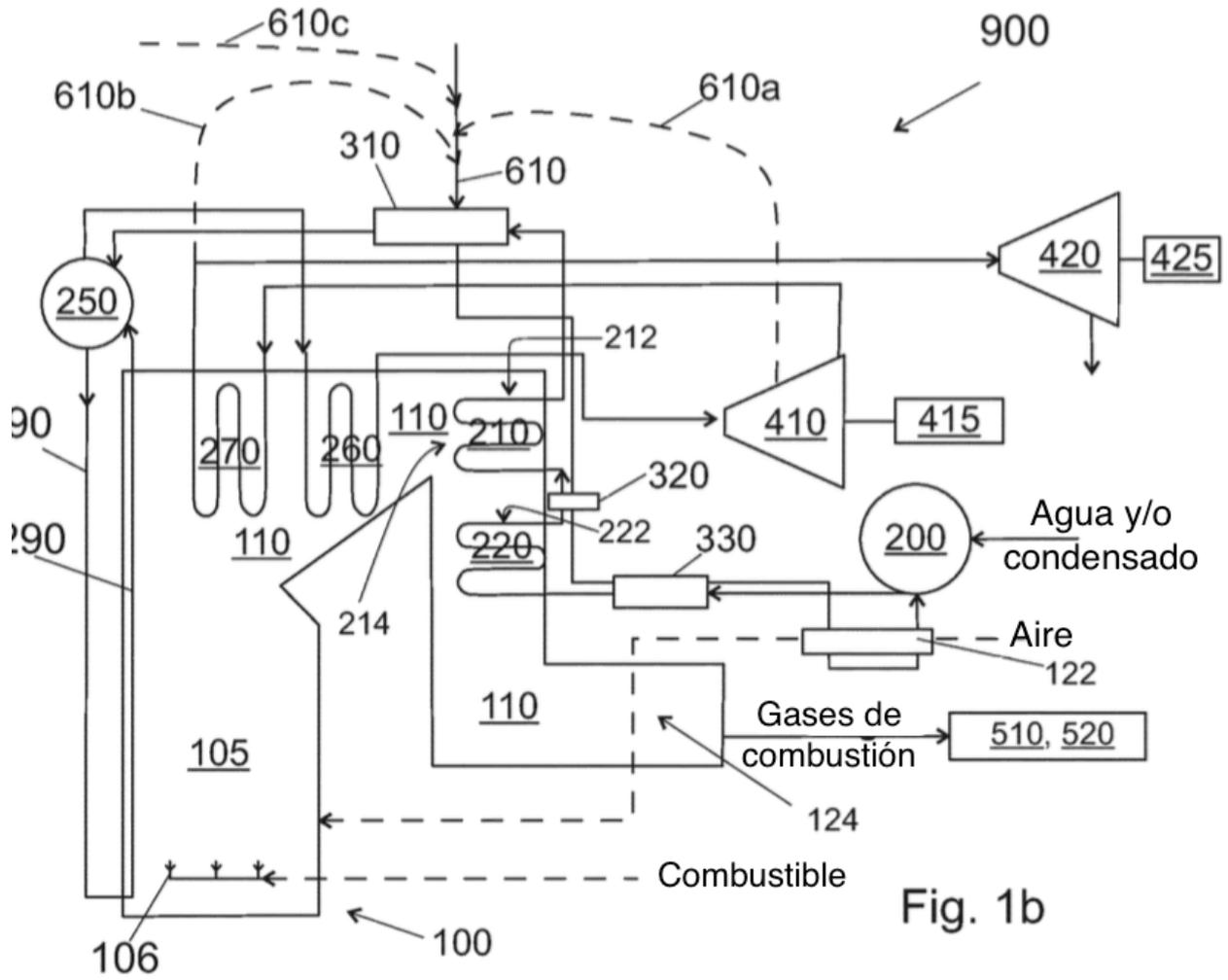


Fig. 1b