

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 661 041**

51 Int. Cl.:

**F22B 1/18** (2006.01)

**F22B 29/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.02.2010 PCT/EP2010/051425**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.09.2010 WO10102865**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.02.2010 E 10702686 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.11.2017 EP 2438351**

54 Título: **Evaporador continuo**

30 Prioridad:

**09.03.2009 DE 102009012322**

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

**27.03.2018**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**BRÜCKNER, JAN;  
FRANKE, JOACHIM y  
SCHLUND, GERHARD**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 661 041 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

## Evaporador continuo

La invención se refiere a un evaporador continuo para un generador de vapor de recuperación de calor de construcción horizontal con una primera superficie de calefacción de evaporador que comprende un número de  
5 primeros tubos de generador de vapor dispuestos fundamentalmente en vertical que pasan de abajo arriba, y otra segunda superficie de calefacción de evaporador posconectada en el lado del medio de flujo a la primera superficie de calefacción de evaporador, que comprende un número de otros segundos tubos de generador de vapor dispuestos fundamentalmente en vertical que pasan de abajo arriba.

En el caso de una instalación de turbinas de gas y de vapor, el calor contenido en el medio de trabajo no cargado o  
10 gas para calefacción de la turbina de gas se aprovecha para la generación de vapor para la turbina de vapor. La transmisión de calor se realiza en un generador de vapor de recuperación de calor posconectado a la turbina de gas, en el que habitualmente está dispuesto un número de superficies de calefacción para el precalentamiento de agua, para la generación de vapor y para el sobrecalentamiento de vapor. Las superficies de calefacción están conectadas en el ciclo de agua-vapor de la turbina de vapor. El ciclo de agua-vapor comprende habitualmente varios, por  
15 ejemplo, tres, pasos de presión, pudiendo presentar cada paso de presión una superficie de calefacción de evaporador.

Para el generador de vapor posconectado en el lado del gas para calefacción a la turbina de gas como generador de  
20 vapor de recuperación de calor, se consideran varios conceptos alternativos de diseño, a saber, el diseño como generador de vapor continuo o el diseño como generador de vapor de circulación. En el caso de un generador de vapor continuo, el calentamiento de tubos de generador de vapor previstos como tubos de evaporador da como resultado una evaporación del medio de flujo en los tubos de generador de vapor en un solo paso. A diferencia de esto, en el caso de un generador de vapor de circulación natural o forzada, el agua guiada en la circulación solo se evapora parcialmente durante el paso por los tubos de evaporador. Tras una separación del vapor generado, el agua no evaporada a este respecto se suministra de nuevo a los mismos tubos de evaporador para otra evaporación.

A diferencia de un generador de vapor de circulación natural o forzada, un generador de vapor continuo no está  
25 sujeto a ninguna limitación de presión. Una alta presión de vapor vivo favorece una alta eficiencia térmica y, por lo tanto, bajas emisiones de CO<sub>2</sub> de una central eléctrica calentada con combustibles fósiles. Además, en comparación con un generador de vapor de circulación, un generador de vapor continuo presenta una construcción sencilla y, por lo tanto, puede producirse con especialmente poco esfuerzo. Por eso, el uso de un generador de vapor, diseñado  
30 según el principio de flujo continuo, como generador de vapor de recuperación de calor de una instalación de turbinas de gas y de vapor es especialmente favorable para obtener una alta eficacia total de la instalación de turbinas de gas y de vapor con una construcción más sencilla.

En principio, un generador de vapor continuo diseñado como generador de vapor de recuperación de calor puede  
35 estar realizado en una de dos formas de construcción alternativas, a saber, como construcción vertical o como construcción horizontal. A este respecto, un generador de vapor continuo de construcción horizontal para un flujo del medio que va a calentarse o gas para calefacción, por ejemplo, del gas de escape de la turbina de gas, está diseñado en dirección aproximadamente horizontal, mientras que un generador de vapor continuo de construcción vertical para un flujo del medio que va a calentarse está diseñado en dirección aproximadamente vertical.

Un generador de vapor continuo de construcción horizontal como se conoce, por ejemplo, por los documentos DE  
40 196 51 678 A1 y US 6.957.630 B1, a diferencia de un generador de vapor continuo de construcción vertical, puede producirse con medios especialmente sencillos y con especialmente poco esfuerzo de elaboración y de montaje. Sin embargo, en el caso de un generador de vapor continuo de construcción horizontal, los tubos de evaporador de una superficie de calefacción de evaporador están expuestos a un calentamiento muy distinto según su posicionamiento. A este respecto, en particular en los tubos de generador de vapor situados delante en el lado del medio de flujo,  
45 puede producirse un flujo inestable que puede poner en peligro la seguridad operativa del generador de vapor de recuperación de calor. Por eso, para la estabilización dinámica se han propuesto hasta el momento, por ejemplo, bobinas de bloqueo en la entrada de los tubos de evaporador, un aumento del diámetro del tubo desde la entrada hacia la salida, o la utilización de tuberías y colectores de compensación de presión. Sin embargo, en el caso de un generador de vapor de recuperación de calor de construcción horizontal, estas medidas o bien no son eficaces o  
50 bien no son técnicamente viables.

Por eso, la invención se basa en el objetivo de indicar un generador de vapor de recuperación de calor del tipo  
anteriormente mencionado que presente una seguridad operacional especialmente alta con una construcción especialmente más sencilla.

De acuerdo con la invención, este objetivo se resuelve al estar seleccionado el diámetro interior de los primeros  
55 tubos de generador de vapor de tal manera que la densidad de caudal másico media que se produce en los primeros

tubos de generador de vapor en el funcionamiento a plena carga no queda por debajo de una densidad de caudal másico mínima predeterminada.

A este respecto, la invención parte de la consideración de que podría conseguirse una seguridad operacional especialmente alta por una estabilización dinámica del flujo en los primeros tubos de generador de vapor. En particular, debería evitarse un flujo pulsante a modo de oscilación. A este respecto, se ha reconocido que un flujo de este tipo se produce en particular en aquellos primeros tubos de generador de vapor que están posicionados en la salida del lado del gas para calefacción de la primera superficie de calefacción de evaporador y experimentan un calentamiento relativamente menor. Estos tubos contienen un medio de flujo con un porcentaje de agua relativamente alto. A causa del mayor porcentaje en peso del medio de flujo de estos tubos, el flujo de estos tubos se reduce parcialmente hasta el estancamiento. Para evitar este efecto, podrían preverse bobinas de bloqueo o tuberías de compensación de presión, pero significarían una construcción relativamente más costosa. Para evitar un estancamiento del flujo y simultáneamente posibilitar una construcción especialmente sencilla del generador de vapor de recuperación de calor, deberían modificarse directamente los parámetros de los tubos de generador de vapor de la primera superficie de calefacción de evaporador. Esto puede conseguirse al estar diseñados los primeros tubos de generador de vapor de tal manera que la densidad de caudal másico media que se produce por los primeros tubos de generador de vapor en el funcionamiento a plena carga no queda por debajo de una densidad de caudal másico mínima predeterminada.

A este respecto, ventajosamente, la densidad de caudal másico mínima predeterminada asciende a  $100 \text{ kg/m}^2\text{s}$ . Un diseño de los tubos de generador de vapor para conseguir una densidad de caudal másico seleccionada de este tipo da como resultado, a saber, una estabilización dinámica especialmente buena del flujo en los primeros tubos de generador de vapor y, por lo tanto, un funcionamiento especialmente seguro del generador de vapor.

Se ha reconocido que el estancamiento del flujo en los tubos se origina por una pérdida de presión geodésica relativamente alta en los tubos de generador de vapor. Por eso, para estabilizar la densidad de caudal másico, el porcentaje de la pérdida de presión geodésica debería reducirse a la pérdida de presión total. Esto puede conseguirse al estar seleccionado el diámetro interior de los primeros tubos de generador de vapor ventajosamente de tal manera que la densidad de caudal másico media que se produce en los primeros tubos de generador de vapor en el funcionamiento a plena carga no queda por debajo de la densidad de caudal másico mínima predeterminada, mediante lo cual la pérdida de presión total se aumenta por el incremento de la pérdida de presión debida a la fricción.

A este respecto, ventajosamente, el diámetro interior de los primeros tubos de generador de vapor asciende entre 15 y 35 mm. Una selección del diámetro interior en este intervalo determina el volumen de los primeros tubos de generador de vapor, a saber, de tal manera que la pérdida de presión geodésica en los tubos de generador de vapor es tan baja que la densidad de caudal másico mínima predeterminada no queda por debajo, es decir, ya no puede producirse ningún estancamiento o ninguna pulsación del flujo. Por lo tanto, se garantiza un funcionamiento especialmente seguro del generador de vapor de recuperación de calor.

En un diseño ventajoso, un número de primeros tubos de generador de vapor están conectados en serie unos a otros en el lado de gas para calefacción como hileras de tubos. Esto posibilita usar un mayor número de tubos de generador de vapor conectados en paralelo para una superficie de calefacción de evaporador, lo cual significa una mejor entrada de calor por la superficie aumentada. No obstante, a este respecto, los tubos de generador de vapor dispuestos en serie en la dirección de flujo del gas para calefacción están calentados distintamente. En particular en los tubos de generador de vapor del lado de salida del gas para calefacción, el medio de flujo se calienta relativamente poco. Sin embargo, por el diseño descrito de los tubos de generador de vapor, también puede evitarse un estancamiento del flujo en estos tubos de generador de vapor. Por esta estabilización dinámica, se consigue un funcionamiento especialmente más seguro con una construcción más sencilla del generador de vapor de recuperación de calor.

En un diseño ventajoso, la primera superficie de calefacción de evaporador está posconectada a la segunda superficie de calefacción de evaporador en el lado del gas para calefacción. Esto ofrece la ventaja de que la segunda superficie de calefacción de evaporador posconectada en el lado del medio de flujo y, por lo tanto, diseñada para el calentamiento adicional del medio de flujo ya evaporado, también se encuentra en un área relativamente más calentada del canal de gas para calefacción.

De manera conveniente, se emplea un evaporador continuo de este tipo en un generador de vapor de recuperación de calor y se usa el generador de vapor de recuperación de calor en una instalación de turbinas de gas y de vapor. A este respecto, ventajosamente, el generador de vapor está posconectado en el lado del gas para calefacción a una turbina de gas. De manera conveniente, en el caso de esta conmutación, una alimentación suplementaria puede estar dispuesta detrás de la turbina de gas para aumentar la temperatura del gas de calefacción.

Las ventajas obtenidas con la invención consisten en particular en que, por el diseño de los primeros tubos de generador de vapor de tal manera que la densidad de caudal másico media que se produce en los primeros tubos de

generador de vapor en el funcionamiento a plena carga no quede por debajo de una densidad de caudal másico mínima predeterminada, se consiga una estabilización dinámica del flujo y, por lo tanto, un funcionamiento especialmente más seguro del generador de vapor de recuperación de calor. Por un diseño correspondiente de los tubos de generador de vapor se obtiene este efecto incluso sin medidas técnicas adicionales costosas, y se posibilita así simultáneamente una construcción especialmente sencilla y con ahorro de costes del generador de vapor de recuperación de calor o de una central eléctrica con turbinas de vapor.

Se explica con más detalle mediante un dibujo un ejemplo de realización de la invención. En este, la figura muestra en representación simplificada en la sección longitudinal un generador de vapor de construcción horizontal.

El generador de vapor continuo 1 para el generador de vapor de recuperación de calor 2 de acuerdo con la figura está posconectado en el lado del gas de escape a una turbina de gas no representada en detalle. El generador de vapor de recuperación de calor 2 presenta una pared perimetral 3 que forma un canal de gas para calefacción 5 que puede fluir en una dirección de canal de gas para calefacción aproximadamente horizontal, indicada por las flechas 4, para el gas de escape de la turbina de gas. En el canal de gas para calefacción 5 está dispuesto un número de superficies de calefacción de evaporador 8, 10 diseñadas según el principio de flujo continuo. En el ejemplo de realización de acuerdo con la figura, están mostradas respectivamente dos superficies de calefacción de evaporador 8, 10, pero también puede estar previsto un mayor número de superficies de calefacción de evaporador.

Las superficies de calefacción de evaporador 8, 10 de acuerdo con la figura comprenden respectivamente, a modo de un haz de tubos, un número de hileras de tubos 11 o 12 dispuestos en serie en la dirección del gas para calefacción. Cada hilera de tubos 11, 12 comprende a su vez, respectivamente, un número de tubos de generador de vapor 13 o 14 dispuestos en paralelo en la dirección del gas para calefacción, de los cuales respectivamente solo uno es visible para cada hilera de tubos 11, 12. A este respecto, los primeros tubos de generador de vapor 13 de la primera superficie de calefacción de evaporador 8, dispuestos aproximadamente en vertical y conectados en paralelo al flujo de un medio de flujo W, están conectados en el lado de salida a un colector de salida 15 común a estos. Los segundos tubos de generador de vapor 14 de la segunda superficie de calefacción de evaporador 10, dispuestos asimismo aproximadamente en vertical y conectados en paralelo al flujo de un medio de flujo W, están conectados de igual modo en el lado de salida a un colector de salida 16 común a estos. Los tubos de generador de vapor 14 de la segunda superficie de calefacción de evaporador 10 están posconectados a los tubos de generador de vapor 13 de la primera superficie de calefacción de evaporador 8 reotécnicamente a través de un sistema de tubos bajantes 17.

El sistema de evaporador formado por las superficies de calefacción de evaporador 8, 10 puede accionarse con el medio de flujo W que, en un solo paso por el sistema de evaporador, se evapora y, tras la salida de la segunda superficie de calefacción de evaporador 10, se evacúa como vapor D. El sistema de evaporador formado por las superficies de calefacción de evaporador 8, 10 está conectado al ciclo de agua-vapor, no representado en detalle, de una turbina de vapor. Adicionalmente al sistema de evaporador que comprende las superficies de calefacción de evaporador 8, 10, en el ciclo de agua-vapor de la turbina de vapor está conectado un número de superficies de calefacción 20 adicionales indicadas esquemáticamente en la figura. En el caso de las superficies de calefacción 20, puede tratarse, por ejemplo, de recalentadores, de evaporadores de presión media, de evaporadores de baja presión y/o de precalentadores.

Los primeros tubos de generador de vapor 13 están diseñados ahora de tal manera que no se alcance una densidad de caudal másico mínima predeterminada para plena carga de 100 kg/m<sup>2</sup>s. A este respecto, su diámetro interior asciende a entre 15 mm y 35 mm. Con ello, se evita un estancamiento del flujo en los primeros tubos de generador de vapor 13. Se evita una columna de agua vertical con formación de burbujas de vapor y un flujo pulsante a modo de oscilación resultante de ello. Con ello, se reduce la carga mecánica del generador de vapor de recuperación de calor 2 y está garantizado un funcionamiento especialmente más seguro con una construcción simultáneamente más sencilla.

**REIVINDICACIONES**

1. Generador de vapor de recuperación de calor (2) con un evaporador continuo de construcción horizontal con una primera superficie de calefacción de evaporador (8) que comprende un número de primeros tubos de generador de vapor (13) dispuestos fundamentalmente en vertical que pasan de abajo arriba, y otra segunda superficie de calefacción de evaporador (10) posconectada en el lado del medio de flujo a la primera superficie de calefacción de evaporador (8), que comprende un número de otros segundos tubos de generador de vapor (14) dispuestos fundamentalmente en vertical que pasan de abajo arriba, caracterizado por que el diámetro interior de los primeros tubos de generador de vapor (13) está seleccionado de tal manera que la densidad de caudal másico media que se produce en los primeros tubos de generador de vapor (13) en el funcionamiento a plena carga no queda por debajo de la densidad de caudal másico mínima predeterminada.
2. Generador de vapor de recuperación de calor (1) según la reivindicación 1, en el que la densidad de caudal másico mínima predeterminada asciende a 100 kg/m<sup>2</sup>s.
3. Generador de vapor de recuperación de calor (1) según una de las reivindicaciones 1 a 2, en el que el diámetro interior de los primeros tubos de generador de vapor (13) asciende entre 15 mm y 35 mm.
4. Generador de vapor de recuperación de calor (1) según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que un número de primeros tubos de generador de vapor (13) están conectados en serie unos a otros en el lado de gas para calefacción como hileras de tubos (11).
5. Generador de vapor de recuperación de calor (1) según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la primera superficie de calefacción de evaporador (8) está posconectada a la segunda superficie de calefacción de evaporador (10) en el lado del gas para calefacción.

