

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 582 029**

51 Int. Cl.:

F22B 29/06 (2006.01)

F01K 23/10 (2006.01)

F22B 21/02 (2006.01)

F22B 37/62 (2006.01)

F22B 1/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.02.2010 E 10704535 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.04.2016 EP 2409078**

54 Título: **Procedimiento para diseñar un evaporador continuo**

30 Prioridad:

09.03.2009 DE 102009012321

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

08.09.2016

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 2 582 029 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

Procedimiento para diseñar un evaporador continuo

5 La invención se refiere a un procedimiento para diseñar un evaporador continuo y a un evaporador continuo para un generador de vapor de calor de escape en un modo de construcción horizontal con una primera superficie de calefacción de evaporador, que comprende un número de primeros tubos de generador de vapor dispuestos esencialmente en vertical que fluyen de abajo arriba, y una segunda superficie de calefacción de evaporador adicional conectada aguas abajo de la primera superficie de calefacción de evaporador en el lado de medio de flujo, que comprende un número de segundos tubos de generador de vapor adicionales dispuestos esencialmente en vertical que fluyen de abajo arriba.

10 En el caso de una instalación de turbinas de gas y de vapor se usa el calor contenido en el medio de trabajo o gas para calefacción descomprimido a partir de la turbina de gas para generar vapor para la turbina de vapor. La transmisión de calor se produce en un generador de vapor de calor de escape conectado aguas abajo de la turbina de gas, en el que está dispuesto habitualmente un número de superficies de calefacción para el precalentamiento de agua, para la generación de vapor y para el recalentamiento de vapor. Las superficies de calefacción están
 15 conectadas en el circuito de agua y vapor de la turbina de vapor. El circuito de agua y vapor comprende habitualmente varias etapas de presión, por ejemplo tres, pudiendo presentar cada etapa de presión una superficie de calefacción de evaporador.

20 Para el generador de vapor conectado aguas abajo en el lado de gas para calefacción de la turbina de gas como generador de vapor de calor de escape se tienen en cuenta varios conceptos de diseño alternativos, en concreto, 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 conduce a una evaporación del medio de flujo en los tubos de generador de vapor en un único paso. Por el contrario, en el caso de un generador de vapor de circulación natural o forzada se evapora el agua conducida en la
 25 circulación se evapora solo en parte al pasar por los tubos de evaporador. El agua no evaporada, a este respecto, se suministra de nuevo tras una separación del vapor generado para una evaporación adicional a los mismos tubos de evaporador.

30 Un generador de vapor continuo, al contrario que un generador de vapor de circulación natural o forzada, no está sujeto a ninguna limitación de presión. Una alta presión de vapor vivo favorece un alto nivel de eficiencia térmica y con ello emisiones de CO2 bajas de una central eléctrica de calentamiento de fósiles. Además, un generador de vapor continuo presenta en comparación con un generador de vapor de circulación un modo de construcción sencillo y puede fabricarse de esta manera con un esfuerzo especialmente bajo. El uso de un generador de vapor diseñado según el principio continuo como generador de vapor de calor de escape de una instalación de turbinas de gas y de vapor es, por tanto, especialmente favorable para alcanzar un alto nivel de eficacia total.

35 Un generador continuo diseñado como generador de vapor de calor de escape puede estar realizado, en principio, en una de las dos formas constructivas alternativas, en concreto, en un modo de construcción vertical o en un modo de construcción horizontal. Un generador de vapor continuo en un modo de construcción horizontal está diseñado, a este respecto, para una perfusión del medio o gas para calefacción calentado, por ejemplo, del gas de escape de la turbina de gas, en dirección aproximadamente horizontal, mientras un generador de vapor continuo en un modo de construcción vertical para una perfusión del medio calentado está diseñado en una dirección aproximadamente
 40 vertical.

45 Un generador de vapor continuo en un modo de construcción horizontal puede fabricarse en comparación con un generador de vapor continuo en un modo de construcción vertical con medios especialmente sencillos y con un esfuerzo de producción y de montaje especialmente bajo. A este respecto, en particular en los tubos de generador de vapor conectados aguas abajo en el lado de medio de flujo de la segunda superficie de calefacción de evaporador dentro de cada fila de tubos individual puede surgir una distribución irregular del medio de flujo sobre los tubos de generador de vapor, que conduce a desequilibrios de temperatura y mediante expansión térmica diferente a tensiones mecánicas. Para evitar daños del generador de vapor de calor de escape, hasta ahora se han proporcionado, por tanto, por ejemplo, arcos de extensión para compensar estas tensiones. Esta medida, no obstante, en el caso de un generador de vapor de calor de escape en un modo de construcción horizontal, puede
 50 tener comparativamente complejidad técnica.

55 Por el documento US 6 019 070 A y el documento US 6 189 491 B1 se conocen procedimientos para diseñar generadores de vapor. El documento US 6 019 070 A muestra un generador de vapor con superficies de calefacción de evaporador compuestas de tubos de generador de vapor. El documento US 6 189 491 B1 muestra un generador de vapor con una primera y una segunda superficie de calefacción de evaporador con respectivamente un número determinado de tubos de generador de vapor paralelos, presentando los tubos individuales de una superficie de calefacción de evaporador diferentes densidades de caudal másico.

La invención tiene por objetivo proporcionar un procedimiento para diseñar un evaporador continuo así como un evaporador continuo para un generador de vapor de calor de escape del tipo mencionado anteriormente, que permitan en el caso de una vida útil especialmente larga un modo de construcción especialmente sencillo.

5 Con respecto al procedimiento, este objetivo se consigue de acuerdo con la invención de modo que se predefine una densidad mínima de caudal másico y se diseñan los segundos tubos de generador de vapor de modo que la densidad media de caudal másico que se ajusta en el funcionamiento a plena carga mediante los segundos tubos de generador de vapor no es menor que la densidad mínima de caudal másico predefinida.

10 La invención, a este respecto, parte del razonamiento de que una construcción especialmente sencilla del generador de vapor de calor de escape o del evaporador continuo podría alcanzarse mediante una eliminación de los arcos de extensión hasta ahora usuales. A este respecto, tienen que reducirse de manera sencilla, no obstante, las tensiones mecánicas causadas mediante desequilibrios de temperatura en los tubos de generador de vapor conectados de manera paralela de cada fila de tubos individual. Estas surgen, en particular, en la segunda superficie de calefacción de evaporador, que se carga con mezcla de agua y vapor. Los desequilibrios de temperatura se provocan, a este respecto, mediante diferentes porcentajes en agua y vapor en la entrada en el lado de flujo de los tubos individuales de una fila de tubos y de una perfusión diferente resultante de estos tubos. Puede conseguirse una estabilización estática del flujo y, al mismo tiempo, una construcción especialmente sencilla del generador de vapor de calor de escape de modo que se modifican directamente los parámetros de los tubos de generador de vapor de la segunda superficie de calefacción de evaporador. A este respecto, puede conseguirse la reducción de los desequilibrios de temperatura de modo que los segundos tubos de generador de vapor se diseñan de manera que la densidad media de caudal másico que se ajusta en el funcionamiento a plena carga mediante los segundos tubos de generador de vapor no es menor que una densidad mínima de caudal másico predefinida.

20 De manera ventajosa, la densidad mínima de caudal másico predefinida es, a este respecto, de $180 \text{ kg/m}^2\text{s}$. Un diseño de los tubos de generador de vapor para alcanzar una densidad de caudal másico seleccionada de este tipo conduce, de hecho, a una estabilización estática especialmente buena del flujo en cada fila de tubos individual de la segunda superficie de calefacción de evaporador y, de esta manera, a una compensación especialmente buena de la temperatura en tubos de generador de vapor conectados de manera paralela de cada fila de tubos individual de la segunda superficie de calefacción de evaporador.

25 Se ha observado que esta densidad de caudal másico diferente en los tubos se causa, en comparación con la pérdida de presión geodésica, mediante una pérdida de presión por fricción baja en los tubos de generador de vapor. Un flujo con alto porcentaje en vapor del medio de flujo fluye, en efecto, en el caso de una pérdida de presión por fricción baja comparativamente rápida mediante tubos de generador de vapor individuales, mientras un flujo con alto porcentaje en agua debido a su alta pérdida de presión geodésica causada por la masa está impedido y puede tender al estancamiento. Para regularizar las perfusiones, debería aumentarse, por tanto, la pérdida de presión por fricción. Esto puede conseguirse de modo que el diámetro interior de los segundos tubos de generador de vapor de manera ventajosa esté seleccionado de modo que la densidad media de caudal másico que se ajusta en el funcionamiento a plena carga no es menor que la densidad mínima de caudal másico predefinida.

El objetivo se consigue, además, mediante un evaporador continuo diseñado según el procedimiento mencionado anteriormente.

30 Una reducción del diámetro interior para asegurar un caudal másico mínimo no debería producirse, no obstante, a una distancia discrecional. Puede desearse mediante parámetros de funcionamiento diferentes un diámetro mínimo. Así, tiene que permitirse, por ejemplo, la superficie superior de los tubos de generador de vapor una entrada de calor suficiente. En este contexto, los tubos de generador de vapor con frecuencia también están nervados en el exterior, lo que de nuevo requiere un diámetro mínimo fijo. También debido a la resistencia y estabilidad se requiere un grosor mínimo. No en último término, puede reducirse en el caso de un diámetro interior reducido de la pérdida de presión geodésica del porcentaje en agua del medio de flujo de modo que ocurre una inversión del efecto deseado y se consigue un flujo con alto porcentaje en agua a altas velocidades en los tubos de generador de vapor paralelos. Por tanto, de manera ventajosa, el diámetro interior de los segundos tubos de generador de vapor no debería ser menor que un diámetro mínimo establecido mediante parámetros de funcionamiento predefinidos.

35 De manera ventajosa, el diámetro interior de los segundos tubos de generador de vapor, a este respecto, es de entre 20 mm y 40 mm. Una elección del diámetro interior en este intervalo determina la densidad de caudal másico en los segundos tubos de generador de vapor, en efecto, de modo que la pérdida de presión por fricción en los tubos de generador de vapor está en un intervalo en el que una perfusión con alto porcentaje en agua y una perfusión con alto porcentaje en vapor conducen a temperaturas de salida con comparativamente escasas diferencias de temperatura. De esta manera, se minimizan las diferencias de temperatura dentro de cada fila de tubos de la segunda superficie de calefacción de evaporador, cumpliéndose al mismo tiempo los requisitos de funcionamiento usuales.

En una configuración ventajosa, un número de segundos tubos de generador de vapor están conectados en el lado de gas para calefacción uno a otro como filas de tubos uno detrás de otro. Esto posibilita un mayor número de tubos de generador de vapor conectados de manera paralela para usar una superficie de calefacción de evaporador, lo que mediante la superficie superior ampliada significa una mejor entrada de calor. No obstante, a este respecto, están calentados de manera diferente los tubos de generador de vapor dispuestos uno detrás de otro en dirección de flujo de gas para calefacción. En particular, en los tubos de generador de vapor en el lado de entrada de gas para calefacción se calienta el medio de flujo comparativamente de manera intensa. Mediante el diseño descrito de los tubos de generador de vapor de modo que una densidad mínima de caudal másico para plena carga no queda por debajo, puede conseguirse, no obstante, también en estos tubos de generador de vapor una perfusión adaptada al calentamiento. De esta manera se consigue, en el caso de una construcción más sencilla, una vida útil especialmente larga del generador de vapor de calor de escape.

En una configuración ventajosa, la primera superficie de calefacción de evaporador de la segunda superficie de calefacción de evaporador está conectada en el lado de gas para calefacción. Esto ofrece la ventaja de que la segunda superficie de calefacción de evaporador conectada en el lado de medio de flujo y, de esta manera, diseñada para el calentamiento adicional del medio de flujo ya evaporado también está en una zona calentada comparativamente de manera intensa del canal de escape.

Convenientemente, se aplica un evaporador continuo de este tipo en un generador de vapor de calor de escape y se usa el generador de vapor de calor de escape en una instalación de turbinas de gas y de vapor. A este respecto, el generador de vapor, de manera ventajosa, está conectado aguas abajo en el lado de gas para calefacción de una turbina de gas. En el caso de esta conexión, convenientemente, detrás de la turbina de gas puede estar dispuesta una calefacción adicional para aumentar la temperatura de gas para calefacción.

Las ventajas conseguidas con la invención consisten, en particular, en que mediante el diseño de los segundos tubos de generador de vapor de modo que la densidad media de caudal másico que se ajusta en el funcionamiento a plena carga mediante los segundos tubos de generador de vapor no es menor que una densidad mínima de caudal másico predefinida, se consigue una estabilización estática del flujo y, de esta manera, una reducción de las diferencias de temperatura entre tubos de generador de vapor conectados de manera paralela y las tensiones mecánicas que resultan de las mismas. De esta manera, la vida útil del generador de vapor de calor de escape es especialmente larga. Mediante el diseño correspondiente de los tubos de generador de vapor pueden eliminarse medidas técnicas adicionales costosas, tal como arcos de extensión, y así se posibilita al mismo tiempo una construcción especialmente sencilla que ahorra en costes del generador de vapor de calor de escape o una central de turbinas de gas y vapor.

Un ejemplo de realización de la invención se explica en mayor detalle mediante un dibujo. En él muestra la Figura una representación simplificada de un corte longitudinal de un generador de vapor en un modo de construcción horizontal.

El evaporador continuo 1 para el generador de vapor de calor de escape 2 de acuerdo con la Figura está conectado aguas abajo en el lado de gas de escape de una turbina de gas no representada en mayor detalle. El generador de vapor de calor de escape 2 presenta una pared perimetral 3, que forma un canal de gas para calefacción 5 para el gas de escape de la turbina de gas que puede fluir en una dirección de gas para calefacción indicada mediante la flecha 4 aproximadamente de manera horizontal. 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, aunque puede estar previsto también 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 haz de tubos un número de filas de tubos 11 o 12 dispuestas una detrás de otra en dirección del gas para calefacción. Cada fila de tubos 11, 12 de nuevo comprende respectivamente un número de tubos de generador de vapor 13 o 14 dispuestos uno al lado de otro en dirección de gas para calefacción, de los que para cada fila de tubos 11, 12 solo puede verse uno respectivamente. Los primeros tubos de generador de vapor 13 de la primera superficie de calefacción de evaporador 8 conectados de manera paralela con respecto a la perfusión de un medio de flujo W dispuestos aproximadamente de manera vertical están, a este respecto, conectados en el lado de salida de uno de sus colectores de salida 15 conjuntos. Los segundos tubos de generador de vapor 14 de la segunda superficie de calefacción de evaporador 10 conectados en paralelo con respecto a la perfusión de un medio de flujo W dispuestos igualmente aproximadamente en vertical están igualmente conectados en el lado de salida en uno de sus colectores de salida 16 conjuntos. A este respecto, también puede estar previsto en el caso de ambas superficies de calefacción de evaporador 8, 10 un sistema colector comparativamente más costoso. Los tubos de generador de vapor 14 de la segunda superficie de calefacción de evaporador 10 están conectados aguas abajo de los tubos de generador de vapor 13 de la primera superficie de calefacción de evaporador 8 de manera reotécnica a través de un sistema de tubo bajante 17.

- El sistema de evaporador formado a partir de las superficies de calefacción de evaporador 8, 10 puede cargarse con el medio de flujo W, que se evapora con un único paso por el sistema de evaporador y tras la salida de la segunda superficie de calefacción de evaporador 10 se descarga como vapor D. El sistema de evaporador formado a partir de las superficies de calefacción de evaporador 8, 10 está conectado en el circuito de agua y vapor no representado en mayor detalle de una turbina de vapor. Adicionalmente al sistema de evaporador que comprende las superficies de calefacción de evaporador 8, 10 están conectadas en el circuito de agua y vapor de la turbina de vapor 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.
- 5
- 10 Los segundos tubos de generador de vapor 14 están ahora diseñados de modo que una densidad mínima de caudal másico predefinida en el caso de plena carga no es menor que $180 \text{ kg/m}^2\text{s}$. A este respecto, su diámetro interior es de entre 20 mm y 40 mm, de modo que, por un lado, se cumplen los parámetros de funcionamiento requeridos, tal como resistencia, introducción de calor, etc. y, por otro lado, se minimizan desequilibrios de temperatura dentro de una fila de tubos de la segunda superficie de calefacción de evaporador 10. De esta manera, se reduce la carga de tensión mecánica del generador de vapor de calor de escape 2 y está garantizada una vida útil especialmente larga, al mismo tiempo, en un modo de construcción sencillo mediante eliminación de los arcos de extensión hasta ahora usuales.
- 15

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para diseñar un evaporador continuo (1) para un generador de vapor de calor de escape (2) en un modo 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 esencialmente en vertical que fluyen de abajo arriba, y una segunda superficie de calefacción de evaporador (10) adicional conectada aguas abajo de la primera superficie de calefacción de evaporador (8) en el lado de medio de flujo, que comprende un número de segundos tubos de generador de vapor (14) adicionales dispuestos esencialmente en vertical que fluyen de abajo arriba, predefiniéndose una densidad mínima de caudal másico y diseñándose los segundos tubos de generador de vapor (14) de modo que la densidad media de caudal másico que se ajusta en el funcionamiento a plena carga en los segundos tubos de generador de vapor (14) no es menor que la densidad mínima de caudal másico predefinida.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la densidad mínima de caudal másico predefinida es de 180 kg/m²s.
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que el diámetro interior de los segundos tubos de generador de vapor (14) se selecciona de modo que la densidad media de caudal másico que se ajusta en el funcionamiento a plena carga en los segundos tubos de generador de vapor (14) no es menor que la densidad mínima de caudal másico predefinida.
4. Evaporador continuo (1), diseñado según el procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3.
- 20 5. Evaporador continuo (1) según la reivindicación 4, en el que el diámetro interior de los segundos tubos de generador de vapor (14) no es menor que un diámetro mínimo establecido mediante parámetros de funcionamiento predefinidos.
6. Evaporador continuo (1) según la reivindicación 4 o 5, en el que el diámetro interior de los segundos tubos de generador de vapor (14) es de entre 20 y 40 mm.
- 25 7. Evaporador continuo (1) según una de las reivindicaciones 4 a 6, en el que un número de segundos tubos de generador de vapor (14) están conectados uno detrás de otro como filas de tubos (11) en el lado de gas para calefacción uno a otro.
8. Evaporador continuo (1) según una de las reivindicaciones 4 a 7, en el que la primera superficie de calefacción de evaporador (8) está conectada aguas abajo en el lado de gas para calefacción de la segunda superficie de calefacción de evaporador (10).
- 30 9. Generador de vapor de calor de escape (2) con un evaporador continuo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 8.
10. Generador de vapor de calor de escape (2) según la reivindicación 9, al que está conectada aguas arriba una turbina de gas en el lado de gas para calefacción.

