

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 609 410**

51 Int. Cl.:

F22B 37/26 (2006.01)

F22B 1/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.02.2006 PCT/EP2006/050851**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.08.2006 WO06087299**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.02.2006 E 06708193 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.09.2016 EP 1848925**

54 Título: **Generador de vapor de tipo horizontal**

30 Prioridad:

16.02.2005 EP 05003268

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

20.04.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BRÜCKNER, JAN;
FRANKE, JOACHIM y
KRAL, RUDOLF**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 609 410 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

Generador de vapor de tipo horizontal

5 La presente invención hace referencia a un generador de vapor, donde en un canal de gas de calentamiento que puede ser atravesado en una dirección del gas de calentamiento aproximadamente horizontal se encuentra dispuesta una superficie de calentamiento de paso del evaporador que comprende una cantidad de tubos del generador de vapor conectados de forma paralela para atravesar un medio de flujo, con una cantidad de colectores de salida conectados aguas abajo, del lado del medio de flujo, con respecto a algunos tubos del generador de vapor.

Generadores de vapor de esa clase se describen en las solicitudes US-A-4572110 y US-A-6055803.

10 En una instalación de turbina de gas y vapor, el calor contenido en el medio de trabajo distendido o en el gas de calentamiento que proviene de la turbina es utilizado para generar vapor para la turbina de vapor. La transferencia de calor tiene lugar en un generador de vapor de recuperación de calor conectado aguas abajo de la turbina de gas, en donde generalmente una cantidad de superficies de calentamiento está dispuesta para precalentar agua, para generar vapor y para sobrecalentar vapor. Las superficies de calentamiento están conectadas en el circuito de agua - vapor de la turbina de vapor. El circuito de vapor - agua comprende generalmente varias fases de presión, por
15 ejemplo tres, donde cada fase de presión puede presentar una superficie de calentamiento del evaporador.

20 Para el generador de vapor que se encuentra conectado aguas abajo de la turbina de gas, como generador de vapor de recuperación de calor, del lado del gas de calentamiento, se consideran varios conceptos de diseño alternativos, a saber, el diseño como generador de vapor de paso o el diseño como generador de vapor de circulación. En un generador de vapor de paso, el calentamiento de tubos del generador de vapor proporcionados como tubos del evaporador conduce a una evaporación del medio de flujo en los tubos del generador de vapor, en un único paso. A diferencia de ello, en el caso de un generador de vapor de circulación natural o forzada, el agua conducida de forma
25 circulante, al atravesar los tubos del evaporador, sólo se evapora de forma parcial. El agua no evaporada, después de la separación del vapor generado, es suministrada nuevamente a los mismos tubos del evaporador para otra evaporación.

30 Un generador de vapor de paso, a diferencia de un generador de vapor de circulación natural o forzada, no se encuentra sujeto a una limitación de presión, de manera que puede ser diseñado para presiones de vapor directo más allá de la presión crítica del agua ($P_{kri} \approx 221$ bar) - donde no es posible una separación de las fases de agua y vapor y, con ello, tampoco es posible una separación de fases. Una presión de vapor directo favorece un grado de acción térmico elevado y, con ello, emisiones de CO₂ reducidas de una central eléctrica calentada con combustible fósil. Además, en comparación con un generador de vapor de circulación, un generador de vapor de paso presenta una forma de construcción sencilla y, con ello, puede fabricarse con una inversión especialmente reducida. La utilización de un generador de vapor diseñado según el principio de paso, como generador de vapor de recuperación de calor de una instalación de turbina de gas y vapor, por tanto, se considera especialmente conveniente para alcanzar un rendimiento total elevado de la instalación de turbina de gas y vapor con una construcción sencilla.

35 Un generador de vapor de recuperación de calor de tipo horizontal ofrece ventajas especiales en cuanto a la inversión para su fabricación, pero también en cuanto a los trabajos de mantenimiento necesarios, en donde el medio de calentamiento o gas de calentamiento, es decir, el gas de escape proveniente de la turbina de gas, es conducido de forma aproximadamente horizontal a través del generador de vapor. Un generador de vapor de esa clase, en donde un diseño como generador de vapor de paso, con una inversión comparativamente reducida para la
40 estructuración y la construcción, presenta un nivel de estabilidad al flujo particularmente elevado, se conoce por ejemplo por la solicitud WO 2004/025176 A1. El generador de vapor mencionado presenta una superficie de calentamiento de paso del evaporador, la cual comprende una cantidad de tubos del generador de vapor o tubos del evaporador conectados de forma paralela con respecto al flujo de un medio de flujo. Para garantizar una homogeneización y estabilización de las condiciones de flujo entre los tubos del evaporador dispuestos unos detrás
45 de otro, observado en la dirección del gas de calentamiento, el generador de vapor de paso mencionado presenta una cantidad de colectores de salida conectados aguas abajo de la superficie de calentamiento de paso del evaporador, los cuales, con su dirección longitudinal, están orientados de forma esencialmente paralela con respecto a la dirección del gas de calentamiento, receptando de este modo el medio de flujo que sale desde los tubos del evaporador que se encuentran dispuestos unos detrás de otros al ser observados en la dirección del gas de
50 calentamiento y, con ello, son calentados de diferente modo. Los colectores de salida mencionados de la superficie de calentamiento de paso del evaporador sirven igualmente como distribuidores de entrada para la superficie de calentamiento del sobrecalentador conectada aguas abajo.

55 Por lo general, un generador de vapor de paso es operado en el modo de carga reducida o durante el arranque es operado con un flujo mínimo de medio de flujo hacia los tubos del evaporador, para garantizar un enfriamiento seguro de los tubos del evaporador y evitar una posible formación de vapor en la superficie de calentamiento del economizador que se encuentra conectada aguas abajo de la superficie de calentamiento de paso del evaporador, del lado del medio de flujo. El flujo mínimo mencionado, durante el arranque o en el funcionamiento de carga

- 5 reducida, no se evapora completamente, de manera que en el caso de un modo de funcionamiento de esa clase, al final de los tubos del evaporador aún se encuentra presente medio de flujo no evaporado. Expresado de otro modo: En este modo de funcionamiento, una mezcla de agua - vapor sale desde los tubos del evaporador. Sin embargo, usualmente no es posible una distribución de una mezcla de agua - vapor de esa clase en tubos del sobrecalentador
- 10 generalmente conectados agua abajo de los tubos del evaporador en el generador de vapor de paso; más bien, la distribución generalmente prevista presupone que el medio de flujo que debe ser distribuido contiene exclusivamente cantidades de vapor. Por lo tanto, durante el arranque o en el funcionamiento de carga reducida del generador de vapor de paso, en la salida de la superficie de calentamiento de paso del evaporador, es necesaria una separación de agua - vapor, la cual generalmente tiene lugar en los así llamados separadores de ciclos.
- 15 Condicionado por el modo de construcción, un suministro de esos separadores centrífugos con agua sólo es posible de forma limitada. La superficie de calentamiento que puede utilizarse para la evaporación, observando en la dirección de flujo del medio de flujo, debe estar situada antes de los separadores y, con ello, se encuentra limitada. Esto tiene como consecuencia que la temperatura del vapor directo sólo puede regularse en límites reducidos a través de la cantidad de vapor de agua de alimentación, donde generalmente se requieren enfriadores por inyección para un rango de regulación mayor. La limitación de la flexibilidad operativa asociada a esos aspectos, junto con la elevada inversión en cuanto a los aparatos, generalmente implica tiempos de arranque y tiempos de reacción prolongados de forma no deseada, en el caso de modificaciones de la carga del generador de vapor de paso durante el funcionamiento de carga reducida.
- 20 Por tanto, es objeto de la presente invención proporcionar un generador de vapor de paso de la clase antes mencionada, el cual, con una inversión para la fabricación mantenida reducida, posibilite una flexibilidad operativa elevada y, con ello, en particular tiempos de arranque y de cambio de carga mantenidos reducidos, también en el caso de un funcionamiento de arranque o de carga reducida.
- 25 De acuerdo con la invención, dicho objeto se alcanzará debido a que el colector de salida o cada colector comprende respectivamente un elemento de separación de agua integrado, mediante el cual el respectivo colector de salida, del lado del vapor, se encuentra conectado a una cantidad de tubos del sobrecalentador, conectados aguas abajo, de una superficie de calentamiento del sobrecalentador.
- 30 La invención se basa en la idea de que para alcanzar una flexibilidad operativa particularmente elevada también en el funcionamiento de arranque o en el funcionamiento de carga reducida, debe poder utilizarse una cantidad particularmente elevada de las superficies de calentamiento disponibles en total, con el fin de una evaporación. De este modo, en caso necesario, para la evaporación del medio de flujo debe poder emplearse en particular también una superficie del sobrecalentador conectada aguas abajo de la superficie de calentamiento de paso del evaporador, precisamente con el fin de un arranque o de un funcionamiento con carga reducida. De acuerdo con ello, el punto final de evaporación debe poder trasladarse hacia dentro de la superficie del sobrecalentador. Para posibilitar esto, el área de transición entre la superficie de calentamiento de paso del evaporador y la superficie de calentamiento del sobrecalentador consecutiva, debe estar diseñada de manera que un suministro de agua sea posible hacia dentro de la superficie de calentamiento del sobrecalentador. En cuanto a los problemas de distribución vinculados generalmente al suministro de agua, por tanto, el sistema de separación de agua conectado entre la superficie de calentamiento de paso del evaporador y la superficie de calentamiento del sobrecalentador debe estar realizado de manera que no sea necesaria una distribución costosa. Esto puede alcanzarse diseñando diferente el sistema de separación de agua en cuanto a la separación de agua - vapor central prevista generalmente, donde la función de separación, en forma de grupos de tubos, está integrada en una pluralidad de componentes asociados a grupos de tubos individuales, conectados de forma paralela. Para ello se proporcionan los colectores de salida, condicionados de todos modos por el tipo de construcción, respectivamente asociados sólo a una cantidad reducida de tubos del evaporador, con su dirección longitudinal, orientados en la dirección del gas de calentamiento.
- 40 De manera ventajosa, los colectores de salida están diseñados para una separación de agua - vapor según la necesidad, de acuerdo con el principio de la separación por inercia. De este modo, se aprovecha el conocimiento de que, debido a las diferencias de inercia considerables entre el vapor por una parte y el agua por otra parte, la parte de agua de una mezcla de agua - vapor, en el caso de un flujo existente, en comparación, puede someterse de forma esencialmente más sencilla a una desviación que la parte de agua. Precisamente al realizar la integración de la función de separación de agua dentro del colector o de los colectores de salida esto puede implementarse en particular de forma sencilla diseñando ventajosamente el respectivo colector de salida esencialmente como cuerpo cilíndrico que, en su extremo que no se encuentra conectado a los tubos del generador de vapor, se encuentra conectado con una pieza tubular de evacuación de agua.
- 45 De otra variante ventajosa, desde el respectivo cuerpo cilíndrico o desde la respectiva pieza tubular de evacuación de agua se deriva una pieza tubular de salida para medio de flujo, la cual convenientemente se encuentra conectada a una cantidad de tubos del sobrecalentador conectados aguas abajo. En esta variante, el colector de salida proporcionado con una función de separación de agua integrada se encuentra diseñado esencialmente a modo de una pieza en forma de T, donde el cuerpo cilíndrico forma un canal que esencialmente puede atravesarse en línea recta, donde debido a su inercia comparativamente más elevada, de manera preferente, es conducida la parte de
- 55

agua del medio de flujo. Desde ese canal se deriva la pieza tubular de salida, en donde, debido a su inercia comparativamente más reducida, de manera preferente, la parte de vapor del medio de flujo es desviada hacia el interior.

5 De manera ventajosa, los colectores de salida - observando desde arriba - están orientados con su dirección longitudinal esencialmente de forma paralela con respecto a la dirección del gas de calentamiento, de manera que
10 receptan el medio de flujo que sale desde los tubos del evaporador que se encuentran dispuestos unos detrás de otros, al ser observados en la dirección del gas de calentamiento y, con ello, son calentados de diferente modo. Observando en la dirección lateral, los colectores de salida pueden estar orientados igualmente de forma
15 esencialmente paralela con respecto a la dirección del gas de calentamiento. Sin embargo, un efecto de separación especialmente elevado puede alcanzarse diseñando el colector de salida con una función de separación integrada, preferentemente de manera que, por una parte, la parte de agua del medio de flujo es conducida de forma preferente en la pared interna situada de forma opuesta a la pieza tubular de salida que se deriva, del cuerpo cilíndrico, favoreciendo por otra parte la descarga del agua. Para ello, el cuerpo cilíndrico y/o la pieza tubular de
20 evacuación de agua, de manera ventajosa, se encuentran dispuestos con su dirección longitudinal de forma inclinada hacia abajo en la dirección de flujo con respecto a la horizontal. La inclinación también puede estar marcada de forma comparativamente pronunciada, de manera que el cuerpo cilíndrico se encuentra orientado esencialmente de forma vertical. De este modo, la separación por inercia mencionada es favorecida adicionalmente a través del efecto de la fuerza de gravedad sobre la parte de agua del medio de flujo que circula en el cuerpo cilíndrico.

20 Una forma de construcción particularmente sencilla de la conducción del flujo del agua separada puede alcanzarse gracias a que, de manera ventajosa, algunos o todos los elementos de separación del agua, del lado de la salida de agua, en forma de grupos, respectivamente se encuentran conectados con un colector de salida común, donde a su vez, en otra variante ventajosa, aguas abajo de dicho colector, se encuentra conectado un recipiente colector de agua.

25 Durante la separación del agua y del vapor en el sistema de separación de agua puede separarse casi toda la parte de agua, de manera que solamente medio de flujo aún evaporado es transferido a los tubos del sobrecalentador conectado aguas abajo. En ese caso, el punto final de la evaporación se sitúa en los tubos del evaporador o se encuentra fijado en el propio sistema de separación de agua. Sin embargo, de manera alternativa, puede separarse
30 también sólo una parte del agua correspondiente, donde el medio de flujo restante aún no evaporado es transferido junto con el medio de flujo evaporado hacia los tubos consecutivos del sobrecalentador. En ese caso, el cual aplica en particular al superponer una circulación adicional sobre la circulación del medio propiamente dicha en el funcionamiento de carga reducida o de arranque, el punto final de evaporación se desplaza hacia dentro de los tubos del sobrecalentador.

35 En el último caso mencionado, denominado también como sobrealimentación del dispositivo de separación, primero los componentes conectados aguas abajo de los elementos de separación de agua, del lado del agua, como por ejemplo colectores de salida o recipientes colectores de agua, son llenados con agua, de manera que al continuar
40 afluyendo agua hacia las piezas de conductos correspondientes, se forma un reflujó. Tan pronto como ese reflujó ha alcanzado los elementos de separación de agua, al menos un flujo parcial de agua que afluye nuevamente, junto con el vapor arrastrado con el medio de flujo, es transferido a los tubos consecutivos del sobrecalentador. En correspondencia con las proporciones, ese flujo parcial corresponde a la cantidad de agua que no puede ser
45 receptada por los componentes que se encuentran conectados aguas abajo de los elementos de separación de agua, del lado del agua. Para garantizar una flexibilidad operativa particularmente elevada en ese modo de funcionamiento de la así llamada sobrealimentación del sistema de separación, de manera ventajosa, en una línea de salida conectada al recipiente colector de agua se encuentra conectada una válvula de control que puede ser activada mediante un dispositivo de control asociado. De manera ventajosa, el dispositivo de control puede recibir un valor de entrada característico para la entalpía del medio de flujo en la salida del lado del vapor de la superficie de calentamiento del sobrecalentador que se encuentra conectada aguas abajo del sistema de separación de agua.

50 A través de un sistema de esa clase, en el modo de funcionamiento del sistema de separación sobrealimentado, a través de la activación selectiva de la válvula conectada en la línea de salida del recipiente colector de agua, puede ser regulado el flujo másico que sale desde el recipiente colector de agua. Puesto que el mismo es reemplazado por un flujo másico de agua correspondiente que proviene de los elementos de separación de agua, de este modo, también puede regularse el flujo másico que, desde los elementos de separación de agua, alcanza el sistema colector. A su vez, de este modo puede regularse también el flujo parcial restante que es transferido hacia los tubos del sobrecalentador junto con el vapor, de manera que, mediante una regulación correspondiente de ese flujo
55 parcial, por ejemplo en el extremo de la superficie de calentamiento del sobrecalentador, puede observarse una entalpía predeterminada. De manera alternativa o adicional, el flujo parcial de agua transferido junto con el vapor a los tubos del sobrecalentador también puede ser influenciado a través de un control correspondiente de la circulación superpuesta. De este modo, en otra variante ventajosa alternativa, mediante el dispositivo de control puede ser activada una bomba de circulación que se encuentra asociada a los tubos del evaporador.

De manera ventajosa, el respectivo colector de salida provisto de la función de separación de agua integrada está diseñado para aprovechar la fuerza de gravedad con el fin de facilitar la descarga del agua separada. De este modo, el colector o los colectores de salida, de manera ventajosa, están dispuestos por encima del canal de gas de calentamiento.

5 Una estabilidad operativa particularmente elevada del generador de vapor puede alcanzarse diseñando la superficie de calentamiento de paso del evaporador para un comportamiento de flujo auto-estabilizante en el caso de presentarse diferencias de calentamiento entre tubos individuales del generador de vapor de la superficie de calentamiento de paso. En una variante particularmente ventajosa esto puede alcanzarse diseñando la superficie de calentamiento de paso del evaporador de manera que un tubo del generador de vapor que es más calentado en
10 comparación con otro tubo del generador de vapor de la misma superficie de calentamiento de paso del evaporador presenta un caudal más elevado del medio de flujo, en comparación con otro tubo del generador de vapor. La superficie de calentamiento de paso del evaporador diseñada de ese modo, a modo de la característica de flujo de una superficie de calentamiento del evaporador de circulación natural (característica de circulación natural), en el caso de un calentamiento que se produce de diferente modo de los tubos del generador de vapor individuales, muestra un comportamiento auto-estabilizante que, sin requerir influencias externas para una compensación de las
15 temperaturas del lado de salida, conduce a tubos del generador de vapor conectados de forma paralela, del lado del medio de flujo, calentados también de diferente modo.

De manera conveniente, el generador de vapor se utiliza como generador del evaporador de recuperación de calor de una instalación de turbina de gas y vapor. De este modo, de manera ventajosa, el generador de vapor se encuentra conectado aguas abajo de una turbina de gas, del lado del gas de calentamiento. En el caso de un circuito de esa clase, de manera conveniente, detrás de la turbina de gas puede estar dispuesto un quemador adicional para aumentar la temperatura del gas de calentamiento.

Las ventajas alcanzadas con la invención residen particularmente en el hecho de que a través de la integración de la función de separación de agua en los colectores de salida puede proporcionarse un sistema de separación de agua concebido de forma descentralizada, donde debido a una cantidad reducida de los tubos del sobrecalentador conectados aguas abajo de cada separador de agua individual puede suprimirse un sistema de distribución costoso. De este modo, también es posible un suministro de medio de flujo no evaporado a través de los separadores de agua, de manera que el punto final de evaporación, en caso necesario, puede desplazarse hacia dentro de los tubos del sobrecalentador. De esta forma, precisamente en el funcionamiento de arranque y de carga reducida, pueden aprovecharse grandes partes de las superficies de calentamiento con el fin de una evaporación, donde además una flexibilidad operativa particularmente elevada puede alcanzarse también en esos estados de carga. En particular a través del diseño en forma de T del colector de salida como cuerpo cilíndrico con una pieza tubular de salida que se deriva, con medios sencillos, puede lograrse además una separación fiable del agua según el principio de separación por inercia.

35 Un ejemplo de ejecución de la invención se explicará en detalle mediante un dibujo. La figura, en una representación simplificada, en un corte longitudinal, muestra la sección del evaporador de un generador de vapor de tipo horizontal.

El generador de vapor 1 mostrado en la figura con su sección del evaporador, a modo de un generador de vapor de recuperación de calor, se encuentra conectado aguas abajo de una turbina de gas que no se encuentra representada en detalle. El generador de vapor 1 presenta una pared de cercado 2 que forma un canal de gas de calentamiento 6 aproximadamente horizontal, para el gas residual proveniente de la turbina de gas, el cual puede ser atravesado en la dirección del gas de calentamiento x indicada con la flecha 4. En el canal de gas de calentamiento 6 se encuentra dispuesta una superficie de calentamiento de paso del evaporador 8, diseñada según el principio de paso, donde una superficie de calentamiento del sobrecalentador 10 se encuentra conectada aguas abajo para el flujo de un medio de flujo W, D.

45 A la superficie de calentamiento de paso del evaporador 8 se puede aplicar medio de trabajo W no evaporado, el cual, en el funcionamiento normal o de carga completa, se evapora al atravesar una única vez la superficie de calentamiento de paso del evaporador 8 y, después de salir de la superficie de calentamiento de paso del evaporador 8, es suministrado a la superficie de calentamiento del sobrecalentador 10 como vapor D. El sistema de evaporador formado por la superficie de calentamiento de paso del evaporador 8 y la superficie de calentamiento del sobrecalentador 10 se encuentra conectado al circuito de agua - vapor, no representado en detalle, de una turbina de vapor. De manera adicional con respecto a ese sistema de evaporador, en el circuito de agua - vapor de la turbina de gas se encuentra conectada una cantidad de otras superficies de calentamiento, no representadas en la figura, las cuales pueden tratarse por ejemplo de sobrecalentadores, evaporadores de presión media, evaporadores de baja presión y/o precalentadores.

55 La superficie de calentamiento de paso del evaporador 8 está formada por una cantidad de tubos del generador de vapor 12 conectados de forma paralela para la circulación del medio de flujo W. Los tubos del generador de vapor 12, con su eje longitudinal, se encuentran orientados esencialmente de forma vertical, y están diseñados para una

circulación del medio de flujo W desde un área de entrada inferior hacia un área de salida superior, es decir, desde abajo hacia arriba.

De este modo, la superficie de calentamiento de paso del evaporador 8, en forma de un haz tubular, comprende una cantidad de capas tubulares 14 dispuestas unas detrás de otras al ser observadas en la dirección del gas de calentamiento x, de las cuales cada una está formada por una cantidad de tubos del generador de vapor 12 dispuestos unos juntos a otros al ser observados en la dirección del gas de calentamiento x, de los cuales en la figura 1 respectivamente sólo se encuentra visible un tubo del generador de vapor 12. Cada capa tubular 14 puede comprender hasta 200 tubos del generador de vapor 12. Un colector de entrada 16, dispuesto por debajo del canal de gas de calentamiento 6 común, con su dirección longitudinal, orientado esencialmente de forma vertical con respecto a la dirección del gas de calentamiento x, se encuentra conectado aguas arriba de los tubos del generador de vapor 12 de cada capa tubular 14. De manera alternativa, también un colector de entrada 16 común puede estar asociado a varias capas de tubos 14. Los colectores de entrada 16 se encuentran conectados a un sistema de suministro de agua 18 indicado sólo esquemáticamente en la figura 1, el cual puede comprender un sistema distribuidor para la división, correspondiente a la necesidad, de la afluencia de medio de flujo W hacia los colectores de entrada 16. Del lado de salida y, con ello, en un área por encima del canal de calentamiento 6, los tubos del generador de vapor 12 que forman la superficie de calentamiento de paso del evaporador 8 desembocan en una cantidad de colectores de salida 20 asociados.

De manera análoga, la superficie de calentamiento del calentador 19 está formada por una cantidad de tubos del sobrecalentador 22. Los mismos, en el ejemplo de ejecución, están diseñados para una circulación del medio de flujo en dirección descendente, es decir, desde arriba hacia abajo. Del lado de entrada, una cantidad de distribuidores 24, diseñados como los así llamados distribuidores en T, se encuentra conectada aguas arriba de los tubos del sobrecalentador 22. Del lado de salida, los tubos del sobrecalentador 22 desembocan en un colector de vapor directo 26 común, desde el cual el vapor directo sobrecalentado puede ser suministrado a una turbina de vapor asociada que no se encuentra representada en detalle. En el ejemplo de ejecución, el colector de vapor directo 26 está dispuesto por debajo del canal de gas de calentamiento 6. De manera alternativa, la superficie de calentamiento del sobrecalentador 10, sin embargo, puede estar equipada también con tubos del sobrecalentador 22 realizados en forma de U. En este caso, no representado detalladamente en la figura, cada tubo del sobrecalentador 22 comprende respectivamente una pieza tubular descendente y una pieza tubular ascendente conectada aguas abajo de la primera pieza mencionada, donde el colector de vapor directo 26, al igual que el colector de salida 20, se encuentra dispuesto por encima del canal de gas de calentamiento 6. Entre la pieza tubular descendente y la pieza tubular ascendente puede estar conectado un colector de desagüe.

La superficie de calentamiento de paso del evaporador 8 está diseñada de manera que es adecuada para una alimentación de los tubos del generador de vapor 12 con una densidad del flujo másico comparativamente más reducida, donde las condiciones de flujo, de acuerdo con el diseño, presentan una característica de circulación natural en los tubos del generador de vapor 12. En el caso de esa característica de circulación natural, un tubo del generador de vapor 12, más calentado en comparación con otro tubo del generador de vapor 12 de la misma superficie de calentamiento de paso del evaporador 8, presenta un caudal más elevado del medio de flujo W, en comparación con otro tubo del generador de vapor 12.

El generador de vapor 1 está diseñado para una conducción del flujo fiable y homogénea, con una forma de construcción que se mantiene sencilla. Del modo previsto, la característica de circulación natural, prevista de acuerdo con el diseño para la superficie de calentamiento de paso del evaporador 8, es utilizada para un sistema de distribución que se mantiene sencillo. Esta característica de circulación natural y la densidad del flujo másico vinculada a ello, mantenida comparativamente reducida de acuerdo con el diseño, posibilitan ciertamente la conducción conjunta de los flujos parciales desde tubos del generador de vapor que se encuentran dispuestos unos detrás de otros al ser observados en la dirección del gas de calentamiento x y, con ello, son calentados de diferente modo, hacia un espacio común. De este modo, economizando en cuanto a un sistema distribuidor autónomo costoso, es posible un traspaso de la mezcla del medio de flujo W que sale desde la superficie de calentamiento de paso del evaporador 8 hacia dentro del colector o de los colectores de salida 20.

Para afectar lo menos posible la homogeneización alcanzada del medio de flujo W que sale desde los tubos del generador de vapor 12, observados en la dirección del gas de calentamiento x, posicionados de forma diferente y, con ello, calentados de forma diferente, durante el pasaje al siguiente sistema, cada uno de los colectores de salida 20 que se encuentran dispuestos unos junto a otros, esencialmente de forma paralela unos con respecto a otros, de los cuales en la figura sólo se muestra uno, se encuentra orientado con su eje longitudinal esencialmente de forma paralela con respecto a la dirección del gas de calentamiento x. La cantidad de colectores de salida 20 se encuentra adaptada a la cantidad de tubos del generador de vapor 12 en cada capa tubular 14, de manera que esencialmente a los tubos del generador de vapor 12 que forman un así llamado disco de evaporador, respectivamente posicionados unos detrás de otros, se encuentra asociado respectivamente un colector de salida 20. De manera análoga, también los distribuidores 24, respectivamente con su eje longitudinal, se encuentran orientados paralelamente con respecto a la dirección del gas de calentamiento x, de manera que esencialmente a los tubos del

sobrecalentador 22, posicionados respectivamente unos detrás de otros, se encuentra asociado respectivamente un distribuidor 24.

5 El generador de vapor 1 está diseñado de manera que, en caso necesario, en particular en el funcionamiento de arranque o de carga reducida, a los tubos del generador de vapor 12, adicionalmente con respecto al flujo másico que puede evaporarse de medio de flujo, debido a la seguridad operativa, se puede traspasar aún otro flujo másico de circulación, de medio de flujo. Para garantizar una flexibilidad operativa particularmente elevada y, con ello, en particular también tiempos de arranque y de cambio de carga mantenidos reducidos y para mantener utilizable una parte particularmente grande de las superficies de calentamiento, se prevé que en ese estado de funcionamiento el punto final de evaporación, de acuerdo con la necesidad, pueda desplazarse desde los tubos del generador de vapor 12 hacia dentro de los tubos del sobrecalentador 22. Para posibilitar lo mencionado con una inversión para la fabricación mantenida comparativamente reducida, cada uno de los colectores de salida 20 comprende un elemento de separación de agua 28 integrado, mediante el cual el respectivo colector de salida 20, a través de un tubo de sobreflujo 30 del lado del medio de flujo, se encuentra conectado a un distribuidor 24 conectado aguas abajo. A través de esta forma de construcción en particular se garantiza que después de la separación de agua - vapor no sea necesaria una distribución costosa de mezcla de vapor - agua en los tubos del sobrecalentador 22.

20 Para un efecto de separación elevado, en el caso de una fiabilidad operativa elevada, los colectores de salida 20 provistos respectivamente de una función de separación integrada, están diseñados en base al concepto de una separación por inercia de una mezcla de agua - vapor. De este modo, se aprovecha el conocimiento de que la parte de agua de una mezcla de agua - vapor, debido a su inercia comparativamente más elevada, en un punto de derivación, preferentemente continúa circulando siempre de forma recta, mientras que la parte de vapor de una desviación forzada, debido a su inercia comparativamente más reducida, puede ser seguida comparativamente con mayor facilidad. Para aprovechar esto para una un modo de construcción particularmente sencillo de la separación de agua, los colectores de salida 20 están realizados respectivamente a modo de piezas en forma de T, donde desde un cuerpo base realizado esencialmente como cuerpo cilíndrico 32 se deriva una pieza tubular de salida 34 para medio de flujo, la cual desemboca en el tubo de sobreflujo 30 respectivamente asociado.

30 El cuerpo base realizado como cuerpo cilíndrico 32 del respectivo colector de salida 20, en su extremo 36 que no se encuentra conectado a los tubos del generador de vapor 12, se encuentra conectado con una pieza tubular de evacuación de agua 38. A través de esta forma de construcción, la parte de agua de la mezcla de agua - vapor en el colector de salida 20, en el punto de derivación de la pieza tubular de salida 34 que forma el elemento de separación de agua 28 respectivamente integrado, circula preferentemente en dirección axial, alcanzando de este modo mediante el extremo 36 la pieza tubular de evacuación de agua 38. Por el contrario, la parte de vapor de la mezcla de agua - vapor que circula en el cuerpo cilíndrico 32, debido a su inercia comparativamente reducida, puede seguir mejor una desviación forzada, afluyendo así sobre la pieza tubular de salida 34 y los otros componentes conectados entre medio, preferentemente sobre los tubos del sobrecalentador 22 conectados aguas abajo. Para reforzar el efecto de separación alcanzado y/o para una descarga del agua facilitada, el cuerpo cilíndrico 32 puede estar inclinado hacia abajo con su dirección longitudinal, en la dirección de flujo, con respecto a la horizontal.

40 Del lado de salida de agua, es decir, sobre las piezas tubulares de evacuación de agua 38, los elementos de separación de agua 28 integrados se encuentran conectados en forma de grupos con un colector de salida 40 respectivamente común. Un recipiente colector de agua 42, en particular una botella de separación, se encuentra conectado aguas abajo del colector mencionado. El recipiente colector de agua 42, del lado de salida, mediante una línea de evacuación 44 conectada, desde la cual se deriva también una derivación 45 conectada al sistema de desagüe, se encuentra conectado al sistema de suministro de agua 18 de la superficie de calentamiento del evaporador de paso 8, de manera que se produce un circuito de circulación que puede operarse cerrado. Mediante este circuito de circulación, en el funcionamiento de arranque, con carga reducida o parcial, al medio de flujo que puede evaporarse circulando en los tubos del generador de vapor 12 puede superponerse una circulación adicional para aumentar la seguridad operativa. En función de los requerimientos operativos o de la necesidad, el sistema de separación formado por los elementos de separación de agua 28 integrados puede ser operado de manera que toda el agua que aún es arrastrada en la salida de los tubos del generador de vapor 12, proveniente del medio de flujo, sea separada, y que sólo medio de flujo evaporado sea transferido a los tubos del sobrecalentador 22.

50 De manera alternativa, sin embargo, el sistema de separación de agua puede ser operado también en el así llamado modo de sobrealimentación, donde no toda el agua proveniente del medio de flujo es separada, sino que junto con el vapor aún un flujo parcial del agua arrastrada es transferido a los tubos del sobrecalentador 22. En este modo de funcionamiento, el punto final de evaporación se desplaza hacia dentro de los tubos del sobrecalentador 22. En el modo sobrealimentado de esa clase, primero tanto el recipiente colector de agua 42, como también los colectores de salida 40 conectados aguas arriba, se llenan completamente con agua, de manera que se forma un reflujo hasta el área de transición del respectivo elemento de separación de agua 28, en donde se deriva la pieza tubular de salida 34. Condicionada por ese reflujo, también la parte de agua del medio de flujo que afluye hacia los elementos de separación de agua 28 experimenta al menos parcialmente una desviación, alcanzando así junto con el vapor la pieza tubular de salida 34. La cantidad de flujo parcial que es suministrada junto con el vapor hacia los tubos del sobrecalentador 22 resulta por una parte del flujo másico de agua suministrado en total al respectivo elemento de

5 separación de agua 28 y, por otra parte, del flujo másico parcial descargado mediante la pieza tubular de evacuación de agua 38. De este modo, a través de la variación adecuada del flujo másico de agua suministrado y/o del flujo másico de agua descargado mediante la pieza tubular de evacuación de agua 38, el flujo másico transferido a los tubos del sobrecalentador 22 puede ser regulado en cuanto al medio de flujo no evaporado. De este modo, a través de la selección de una o de las dos variables mencionadas es posible regular la cantidad de medio de flujo no evaporado transferido a los tubos del sobrecalentador 22, de manera que se regula por ejemplo una entalpía predeterminada en el extremo de la superficie de calentamiento del sobrecalentador 22.

10 Para posibilitar lo mencionado, un dispositivo de control 60 se encuentra asociado al sistema de separación de agua 60, el cual, del lado de entrada, se encuentra conectado a un detector 62 diseñado para determinar un valor característico para la entalpía en el extremo del lado del gas de escape de la superficie de calentamiento del sobrecalentador 22. Del lado de salida, el dispositivo de control 60 actúa a su vez sobre una válvula de control 64 conectada en la línea de salida 44 del recipiente colector de agua 42. De este modo, a través de la activación selectiva de la válvula de control 64 puede predeterminarse el flujo de agua que es extraído del sistema de separación. A su vez, ese flujo másico, en los elementos de separación de agua 28, puede ser extraído desde el medio de flujo y ser transferido a los sistemas colectores consecutivos. De este modo, a través de la activación de la válvula de control 64, es posible influenciar el flujo de agua derivado respectivamente en el elemento de separación de agua 28 y, con ello, es posible influenciar la parte de agua transferida a las superficies de calentamiento del sobrecalentador 22 después de la separación, aún en el medio de flujo. De manera alternativa o adicional, el dispositivo de control 60 puede actuar aun sobre una bomba de circulación 66 conectada en la línea de salida 44, de manera que también la tasa de afluencia del medio puede ser regulada de forma correspondiente en el sistema de separación de agua.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Generador de vapor (1), en el cual en un canal de gas de calentamiento (6) que puede ser atravesado en una dirección del gas de calentamiento (x) aproximadamente horizontal se encuentra dispuesta una superficie de calentamiento de paso del evaporador (8) que comprende una cantidad de tubos del generador de vapor (12) conectados de forma paralela para atravesar un medio de flujo, con una cantidad de colectores de salida (20) conectados aguas abajo del lado del medio de flujo con respecto a algunos tubos del generador de vapor (12), caracterizado porque el colector de salida (20) o cada colector comprende respectivamente un elemento de separación de agua (28) integrado, mediante el cual el respectivo colector de salida (20), del lado del vapor, se encuentra conectado a una cantidad de tubos del sobrecalentador (22), conectados aguas abajo, de una superficie de calentamiento del sobrecalentador (10).
- 10 2. Generador de vapor (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque el colector de salida (20) o cada colector respectivamente se encuentra diseñado esencialmente como cuerpo cilíndrico (32), el cual en su extremo (36) que no se encuentra conectado con los tubos del generador de vapor (12) se encuentra conectado con una pieza tubular de evacuación de agua (38).
- 15 3. Generador de vapor (1) según la reivindicación 2, caracterizado porque desde el respectivo cuerpo cilíndrico (32) o desde la respectiva pieza tubular de evacuación de agua (38) se deriva una pieza tubular de salida (34) para medio de flujo.
- 20 4. Generador de vapor (1) según la reivindicación 2 ó 3, caracterizado porque el cuerpo cilíndrico (32) y/o la pieza tubular de evacuación de agua (38) se encuentran dispuestos con su respectiva dirección longitudinal de forma inclinada hacia abajo en la dirección de flujo con respecto a la horizontal.
5. Generador de vapor (1) según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque algunos o todos los elementos de separación de agua (28), del lado de salida de agua, en forma de grupos, están conectados respectivamente con un colector de salida común (40).
- 25 6. Generador de vapor (1) según la reivindicación 5, caracterizado porque un recipiente colector de agua (42) está conectado aguas abajo con relación al respectivo colector de salida (40).
- 30 7. Generador de vapor (1) según la reivindicación 6, caracterizado porque en una línea de salida (44) conectada al recipiente colector de agua (42) se encuentra conectada una válvula de control (64) que puede ser activada mediante un dispositivo de control (60) asociado, donde el dispositivo de control (60) puede recibir un valor de entrada característico para la entalpía del medio de flujo en la salida del lado del vapor de la superficie de calentamiento del sobrecalentador (10) que se encuentra conectada aguas abajo del sistema de separación de agua.
- 35 8. Generador de vapor (1) según la reivindicación 7, caracterizado porque mediante el dispositivo de control (60) puede ser activada una bomba de circulación (66) que se encuentra asociada a los tubos del generador de vapor (12).
- 40 9. Generador de vapor (1) según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque el colector de salida (20) o cada colector se encuentra dispuesto por encima del canal de gas de calentamiento (6).
10. Generador de vapor (1) según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la superficie de calentamiento de paso del evaporador (8) está diseñada de manera que un tubo del generador de vapor (12) que es más calentado en comparación con otro tubo del generador de vapor (12) de la misma superficie de calentamiento de paso del evaporador (8) presenta un caudal más elevado del medio de flujo, en comparación con otro tubo del generador de vapor (12).
11. Generador de vapor (1) según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque una turbina de gas se encuentra conectada aguas arriba del canal de gas de calentamiento (6).

