

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 791 310**

51 Int. Cl.:

F28D 7/00 (2006.01)
B01F 5/04 (2006.01)
B01F 3/02 (2006.01)
F22B 9/12 (2006.01)
F22B 37/06 (2006.01)
F28D 7/16 (2006.01)
F28D 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.02.2016 PCT/EP2016/054102**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **01.09.2016 WO16135299**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.02.2016 E 16706632 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2020 EP 3262363**

54 Título: **Sistema de caldera de calor residual y método para enfriar un gas de proceso**

30 Prioridad:

27.02.2015 EP 15156873

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.11.2020

73 Titular/es:

**TECHNIP FRANCE (100.0%)
6-8 Allee De L'Arche Faubourg De L'Arche
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**ROBBERS, JACOBUS;
RADOSEVIC, IVAN y
DE VRIJ, HENDRIK ARIE**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 791 310 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

Sistema de caldera de calor residual y método para enfriar un gas de proceso

La invención se refiere a un sistema de caldera de calor residual para enfriar un gas de proceso.

5 Los sistemas de caldera de calor residual son conocidos y se utilizan comúnmente para enfriar gas de proceso, por ejemplo, en plantas que producen hidrógeno o gas de síntesis, por ejemplo, para la producción industrial de hidrógeno, producción de metanol, producción de amoníaco, producción de éter de dimetilo, etc. Por lo general, se origina el gas de proceso que se va a enfriar, por ejemplo, de un reformador de vapor, un reformador autotérmico, un reformador regenerativo o una unidad de oxidación parcial. El gas de proceso que pasa a través del sistema de caldera de calor residual generalmente se carga al sistema de caldera de calor residual a una temperatura relativamente alta, por ejemplo, superior a 500°C, generalmente superior a 650°C, comúnmente incluso a 700°C o superior, por ejemplo, a una temperatura entre 700°C y 1000°C. El gas de proceso que pasa a través del sistema de caldera de calor residual generalmente se carga al sistema de caldera de calor residual a una presión relativamente alta, por ejemplo, entre 5 y 60 bar, tal como 10 y 50 bares, como entre 20 y 35 bares.

15 El medio de enfriamiento utilizado en calderas de calor residual es usualmente agua que se evapora al contacto de una superficie que actúa como límite físico entre dicha agua y dicho gas de proceso. Para las aplicaciones descritas anteriormente, la presión del lado del agua generalmente se presuriza a una presión comprendida entre 10 y 150 bares, más normalmente entre 20 y 120 bares, tal como entre 35 y 70 bares.

20 La diferencia de presión entre el lado del gas de proceso y el lado del agua es superior a 5 bares, generalmente superior a 10 bares e incluso superior a 25 bares en sistemas en los que la calidad del vapor debe ser alta (normalmente para plantas de amoníaco e hidrógeno).

25 Dicho gas de proceso generalmente se necesita enfriar a una temperatura relativamente baja de 400°C o menos, especialmente a una temperatura de menos de 350°C, por ejemplo, para el tratamiento posterior del gas, por ejemplo, tratamiento catalítico, especialmente tratamiento de desplazamiento de gas de agua, separación por membranas, por depurado o por adsorción por cambio de presión. Por ejemplo, para facilitar la operación segura y adecuada de las unidades en dirección descendente adecuadas para dicho tratamiento posterior del gas, los sistemas de caldera de calor residual conocidos generalmente están dispuestos para controlar la temperatura del gas relativamente frío que sale por dicho sistema de caldera de calor residual conocido, de tal manera que dicho gas de salida puede ser de una temperatura predeterminada y/o estar en un rango de temperatura predeterminado.

30 Por ejemplo, se conoce un sistema de caldera de calor residual que comprende un intercambiador de calor de cubierta y tubo para enfriar el gas de proceso relativamente caliente que tiene una temperatura entre 500°C y 1.000°C hasta un gas relativamente frío que tiene una temperatura menor de 350°C al permitir que el gas de proceso fluya a través de los tubos de dicho intercambiador de calor de cubierta y tubo, que se extienden a través de un espacio dentro de una cubierta de dicho intercambiador de calor de cubierta y tubo, a través del cual se carga agua espacial para enfriar dicho gas. La experiencia práctica ha demostrado que puede ser casi imposible controlar la temperatura de la salida de gas relativamente frío por el intercambiador de calor de cubierta y tubo. A este respecto, dicho sistema conocido de caldera de calor residual a menudo comprende un canal de derivación para permitir que una porción del gas relativamente caliente evite el intercambiador de calor, véanse, por ejemplo, las publicaciones EP 1 498 678, EP 2 312 252, US 4 993 367 y US 2007/0 125 317, cada una de las cuales divulga un canal de derivación central que se extiende a través de un centro del intercambiador de calor de cubierta y tubo. Dichos sistemas de caldera de calor residual conocidos comprenden además una cámara de mezcla para mezclar dicha pequeña cantidad de gas de proceso relativamente caliente derivado con el gas de proceso enfriado que sale del intercambiador de calor. Para controlar la temperatura del gas mezclado, relativamente frío, que se alimenta desde el sistema de caldera de calor residual a una unidad en dirección descendente para el tratamiento de gas, dicho sistema conocido de caldera de calor residual comprende adicionalmente un sistema de control que tiene una válvula de control para controlar la cantidad de gas de proceso relativamente caliente derivado.

45 Sin embargo, un problema asociado con un sistema de caldera de calor residual de este tipo de la técnica anterior es que sufre problemas de corrosión debido a la mezcla de gas derivado relativamente caliente con gas de proceso enfriado, que, como se mencionó anteriormente, se lleva a cabo por el bien aras del control de la temperatura de salida. La temperatura del gas derivado caliente generalmente está en el rango de 500°C - 1000°C, en cuyas temperaturas se producen polvo de metal o corrosión por carburación con relativa facilidad. Como consecuencia, el intercambiador de calor residual de la técnica anterior, especialmente su cámara de mezcla, su válvula de control, sus medios de control para controlar su válvula de control u otros componentes del sistema de caldera de calor residual, especialmente componentes ubicados en o cerca del lugar en el que se produce la mezcla, puede ser relativamente propenso a la corrosión. Esto puede, por ejemplo, provocar el atasco de la válvula de control. Como resultado de la corrosión relativamente severa, especialmente el polvo de metal, los sistemas de caldera de calor residual de la técnica anterior son relativamente portátiles y/o incluso pueden ser o volverse poco confiables.

A partir de la patente de los Estados Unidos 1,132,778, cuya solicitud se presentó el 11 de julio de 1910, se conoce una caldera y horno de vapor que estaba destinado, en aquellos días, a la producción eficiente de vapor o al

calentamiento del agua mediante la utilización de las superficies de calentamiento en toda su extensión de la cubierta de caldera y los conductos y la absorción de todo el calor disponible de los productos de combustión. En operación normal de la caldera y el horno, los productos calentados de la combustión pasan de un fogón a través de los conductos superiores, que se extienden a través de la cubierta de la caldera, hacia una cámara de conductos. Desde dicha cámara, los productos de combustión pasan a través de los conductos inferiores, que se extienden a través de una porción inferior de dicha cubierta de caldera, y luego a través de un conducto debajo de la parte inferior de dicha cubierta de caldera hacia una chimenea o el llamado conducto de escape cuyos productos de la combustión se descartan. Para facilitar el inicio de un incendio en el horno, se puede abrir una válvula, estableciendo de esta manera un calado directo entre la cámara de conductos y la chimenea. Los productos de combustión pasarán desde los conductos superiores a través de la cámara de conductos y una tubería, que está provista con dicha válvula y conecta la cámara de conductos con la chimenea, en dicha chimenea sin regresar a través de los conductos inferiores. Cuando el fuego comienza bien, la válvula se cierra y los productos de la combustión pasan sinuosamente de un lado a otro a través y debajo de la cubierta de la caldera, impartiendo su calor primero a las porciones más calientes, luego al enfriador y finalmente a las porciones más frías del agua contenida en la caldera.

Es un objeto de la invención proporcionar un sistema alternativo de caldera de calor residual. En particular, puede ser un objeto de la invención proporcionar un sistema de caldera de calor residual en el que se contrarreste al menos una de las desventajas del sistema de caldera de calor residual de la técnica anterior. Más en particular, la invención puede tener como objetivo proporcionar un sistema de caldera de calor residual, especialmente un sistema de caldera de calor residual que comprende un intercambiador de calor de cubierta y tubo, en el que se contrarresta al menos una de las desventajas mencionadas anteriormente. En realizaciones, la invención tiene como objetivo proporcionar un sistema de caldera de calor residual para enfriar un gas relativamente caliente, por ejemplo, 500°C - 1.000°C o 700°C - 1.000°C hasta un gas relativamente frío, en el que, por un lado, la temperatura del gas de salida relativamente frío, por ejemplo, 400°C, preferentemente 350°C o menos, puede controlarse relativamente bien, y en el que, por otro lado, el sistema de caldera de calor residual es relativamente resistente al desgaste, por ejemplo, relativamente insusceptible a la formación de polvo metálico.

Además, la presente divulgación proporciona un sistema de caldera de calor residual para enfriar un gas de proceso, que comprende un primer intercambiador de calor de cubierta y tubo para enfriar el gas relativamente caliente hasta gas relativamente tibio al permitir que el gas fluya a través de tubos de dicho primer intercambiador de calor, cuyos tubos se extienden a través de un espacio dentro de una cubierta de dicho primer intercambiador de calor, dicho sistema de caldera de calor residual también comprende una cámara intermedia para recibir gas, enfriado a gas relativamente tibio, que sale de los tubos del primer intercambiador de calor, dicho sistema de caldera de calor residual comprende adicionalmente un segundo intercambiador de calor de cubierta y tubo para enfriar el gas relativamente tibio hasta un gas relativamente frío al permitir que el gas fluya desde la cámara intermedia y a través de tubos del segundo intercambiador de calor, cuyos tubos se extienden a través de un espacio dentro de una cubierta de dicho segundo intercambiador de calor, en el que se proporciona la cámara intermedia con una salida conectada de forma fluida a un canal de derivación para permitir que una parte del gas relativamente tibio ingrese en dicha cámara intermedia desde los tubos del primer intercambiador de calor para desviar los tubos del segundo intercambiador de calor de cubierta y tubo, en el que el canal de derivación y los tubos del segundo intercambiador de calor de cubierta y tubo están en conexión fluida con una cámara de mezcla para mezclar juntos el gas relativamente tibio que fluye desde la cámara intermedia en la cámara de mezcla a través del canal de derivación y gas relativamente frío que sale de los tubos del segundo intercambiador de calor de cubierta y tubo.

Al utilizar al menos dos intercambiadores de calor para enfriar el gas relativamente caliente, por ejemplo, de 500°C - 1.000°C, hasta un gas relativamente frío, por ejemplo, de 350°C o menos, de forma gradual, y al extraer una porción del gas semienfriado hasta un gas relativamente tibio, por ejemplo, de 350°C - 500°C, y dejar que dicha porción desvíe el segundo intercambiador de calor, el sistema de caldera de calor residual puede mezclar gas relativamente frío, por ejemplo, de 350°C o menos, con gas preenfriado, todavía relativamente tibio, por ejemplo de 350°C a 500°C. Por lo tanto, el sistema de caldera de calor residual puede mezclar dos gases de temperatura relativamente suave, cada uno tiene una temperatura relativamente suave, por ejemplo, cada uno con una temperatura inferior a 500°C. De acuerdo con lo anterior, se puede proporcionar un sistema que utilice exclusivamente corrientes de gas de proceso a temperaturas relativamente suaves, por ejemplo, a 500°C o menos, para el control de la temperatura del gas de salida. Por lo tanto, se puede facilitar que la cámara de mezcla del sistema de caldera de calor residual no reciba ningún gas que tenga una temperatura relativamente alta, por ejemplo, por encima de 500°C. Como resultado, la cámara de mezcla puede ser menos propensa a la formación de polvo metálico y menos propensa a fallas en la cámara de mezcla, como resultado de lo cual el sistema de caldera de calor residual puede ser relativamente resistente al desgaste y/o relativamente confiable.

Ventajosamente, el canal de derivación puede estar provisto de una válvula de control para controlar el flujo de gas relativamente caliente al desviar los tubos del segundo intercambiador de calor. Por lo tanto, el flujo de gas relativamente tibio, por ejemplo, de 350°C - 500°C, cargado a la cámara de mezcla se puede controlar con el fin de controlar la temperatura de salida del gas mezclado que sale de la cámara de mezcla. Al proporcionar la válvula de control en el canal de derivación, se puede contrarrestar que la válvula de control se someta a un gas relativamente caliente. Como resultado, se puede contrarrestar la falla de la válvula de control, por ejemplo, debido al polvo metálico de la válvula y/o al polvo metálico de los medios de control de la válvula para controlar dicha válvula.

El sistema de caldera de calor residual de la invención, por lo tanto, se puede proteger relativamente bien, de una manera relativamente elegante, de fallas de la válvula de control y/o fallas de la cámara de mezcla debido a la corrosión por carburación o polvo de metal que se sabe que afecta a los canales de derivación relativamente calientes y cámaras de mezcla de sistemas convencionales de calderas de calor residual.

5 Ventajosamente, la invención proporciona un sistema intercambiador de calor que se puede optimizar en términos de área de transferencia de calor al realizar el enfriamiento requerido del gas de proceso en dos etapas, es decir, en dos o más cubiertas en serie. Ambos pueden ser optimizados para niveles de temperatura específicos. Por lo tanto, permite la optimización de la superficie de transferencia de calor total mediante la utilización de diferentes diámetros y longitudes de tubo en cada compartimento, reduciendo de esta manera la superficie total requerida y, por lo tanto, reduciendo la cantidad de acero.

10 En realizaciones del sistema de la presente invención, al menos una porción del extremo distal del canal de derivación de gas tibio previamente enfriado del sistema de caldera de calor residual se forma por un manguito que se extiende hacia el interior de la cámara de mezcla, en el que una superficie de pared interna de la cámara de mezcla se separa de una superficie de pared externa de dicho manguito. Como resultado, el gas relativamente tibio que fluye a través de dicho manguito puede, por ejemplo, dispersar parte de su calor, a través de la pared de dicho manguito, a gas que tiene una temperatura más baja, cuyo gas se ubica entre la superficie de la pared exterior de dicho manguito y la superficie de pared interna de la cámara de mezcla, por ejemplo, el gas relativamente frío que entra en la cámara de mezcla y/o el gas ya mezclado en la cámara de mezcla. En consecuencia, el gas relativamente tibio se puede enfriar previamente aún más antes de que pueda entrar en contacto con la pared interna de la cámara de mezcla. Adicional o alternativamente, el manguito puede dirigir el gas relativamente tibio en una determinada dirección hacia la cámara de mezcla, por ejemplo, en una dirección sustancialmente coaxial a una dirección longitudinal de la cámara de mezcla, lo que puede contrarrestar que el gas relativamente caliente se puede mezclar con el gas relativamente frío al menos hasta cierto punto antes de que pueda entrar en contacto con la pared interna de la cámara de mezcla. Por lo tanto, se puede contrarrestar incluso adicionalmente el polvo metálico de una cámara de mezcla de gas.

25 Por ejemplo, la cámara de mezcla puede tener un diseño sustancialmente alargado, y el manguito o la porción extrema del mismo que se extiende dentro de dicha cámara de mezcla, se puede extender sustancialmente coaxialmente con dicha cámara de mezcla.

30 Ventajosamente, la cámara de mezcla puede estar provista además de una entrada que está conectada de forma fluida al segundo intercambiador de calor, en el que dicha entrada está situada sustancialmente lateralmente al lado del manguito, de modo que durante el uso del sistema de caldera de calor residual al menos una porción, y preferentemente sustancialmente todo, del gas relativamente frío que sale de los tubos del segundo intercambiador de calor de cubierta y tubo ingresa en la cámara de mezcla en una ubicación sustancialmente lateralmente al lado de dicho manguito. Como resultado, una parte relativamente grande del gas que está presente en el exterior del manguito se puede formar mediante un gas relativamente frío cargado desde el segundo intercambiador de calor de cubierta y tubo a la cámara de mezcla, en lugar de estar formado por gas mezclado cuya temperatura es menor a la temperatura del gas relativamente tibio. Además, la introducción de al menos una parte del gas relativamente frío que proviene del segundo intercambiador de calor en un espacio entre la superficie de la pared interna de la cámara de mezcla y la superficie de pared externa del manguito que se extiende hacia la cámara de mezcla puede facilitar que el gas en dicho espacio, cuyo gas se puede tibar por el gas que fluye a través del manguito, se renovará y/o puede contrarrestar que el gas tibio permanecerá en dicho espacio.

40 Ventajosamente, dicho manguito que se extiende hacia el interior de la cámara de mezcla, o al menos una parte del mismo, especialmente una porción de extremo distal que se extiende hacia el interior de la cámara de mezcla, se puede montar de manera reemplazable en la cámara de mezcla. Por lo tanto, el reemplazo de dicho manguito, que puede desgastar más rápido que la pared interior de la cámara de mezcla, se puede quitar con relativa facilidad, por ejemplo, sin necesidad de quitar la totalidad o una parte relativamente grande de la cámara de mezcla, por ejemplo, para inspeccionar, mantener, o reemplazar dicho manguito o parte del mismo.

45 En las realizaciones, el primer intercambiador de calor de cubierta y tubo, la cámara intermedia y el segundo intercambiador de calor de cubierta y tubo se pueden ubicar en un cuerpo principal del sistema de caldera de calor residual, especialmente un cuerpo principal en forma de recipiente, mientras que la cámara de mezcla luego se puede ubicar fuera de dicho cuerpo principal. Al ubicar la cámara de mezcla fuera del cuerpo principal del sistema de caldera de calor residual, dicha cámara de mezcla, o una o más partes de la misma o asociadas con ella, como por ejemplo un manguito que se extiende hacia el interior de la cámara de mezcla, se puede inspeccionar, reemplazar, mantener, limpiar o restaurar con relativa facilidad.

50 Se observa que la ubicación de la cámara de mezcla fuera del cuerpo principal de la caldera de calor residual también puede permitir una mezcla mejorada del gas de proceso en un volumen compacto, mientras se evita un estrés mecánico excesivo por una distribución de flujo mejorada. La ubicación de la cámara de mezcla fuera del cuerpo principal puede permitir la prevención de polvo de metal en el sistema de caldera de calor residual.

Adicional o alternativamente, la cámara de mezcla, o al menos su pared exterior, que puede estar formada al menos en parte por un cuerpo similar a un recipiente, se puede montar reemplazable en el sistema de caldera de calor residual, por ejemplo, para facilitar el mantenimiento de la misma.

5 Al disponer que el canal de derivación sea un canal externo, por ejemplo, una tubería externa, ubicada fuera de la cubierta del segundo intercambiador de calor de cubierta y tubo, y especialmente al ubicar dicho canal externo sustancialmente completamente fuera del cuerpo principal de la caldera de calor residual, el canal de derivación puede ser accesible relativamente bien, lo que puede facilitar que, por ejemplo, se pueda inspeccionar, mantener, limpiar, reemplazar o restaurar de una manera relativamente fácil.

10 El canal de derivación externo ubicado fuera del cuerpo principal de la caldera de calor residual puede facilitar que el diseño sea más simple y/o que el diámetro de la cubierta sea más pequeño que en el caso de un canal de derivación convencional que se extiende a través de un intercambiador de calor y en paralelo a los tubos del intercambiador de calor. Adicionalmente, proporcionar el canal de derivación fuera del cuerpo principal puede reducir las diferencias entre la expansión de los tubos y la expansión de la cubierta, que son proporcionales a la longitud del intercambiador de calor de tubo y cubierta. Por lo tanto, se pueden contrarrestar las fallas de la lámina del tubo debido a la tensión mecánica provocada por la expansión diferencial.

15 Sin embargo, en realizaciones alternativas, el canal de derivación puede ser un canal interno que se extiende al menos parcialmente a través del espacio dentro de la cubierta del segundo intercambiador de calor de cubierta y tubo, por ejemplo, para facilitar un diseño relativamente compacto del sistema de caldera de calor residual. En tal caso, el canal de derivación interno se puede proporcionar con una válvula de derivación interna.

20 Más aún, la divulgación se refiere a un método para enfriar un gas de proceso. Dicho método comprende una etapa de proporcionar un gas de proceso relativamente caliente, y una etapa de enfriar dicho gas de proceso relativamente caliente hasta gas relativamente tibio por medio de un primer intercambiador de calor, preferentemente un intercambiador de calor de cubierta y tubo. El método comprende adicionalmente una etapa de enfriar una primera porción de dicho gas relativamente tibio más abajo, es decir, enfriarlo a gas relativamente frío, por medio de un
25 segundo intercambiador de calor, preferentemente un segundo intercambiador de calor de cubierta y tubo. Adicionalmente, el método comprende las etapas de desviar una segunda porción del gas relativamente caliente a lo largo de dicho segundo intercambiador de calor; y mezclar dicho gas relativamente frío y dicha porción desviada del gas relativamente tibio en un gas mezclado. Ventajosamente, el método también puede comprender una etapa de
30 ajustar el flujo de la segunda porción desviada del gas relativamente caliente para controlar la temperatura del gas mezclado, preferentemente para obtener un gas mezclado de una temperatura sustancialmente predeterminada, por ejemplo, una temperatura predeterminada correspondiente a una temperatura de entrada deseada de una unidad de tratamiento de gas en dirección descendente.

Las realizaciones ventajosas de acuerdo con la invención se describen en las reivindicaciones adjuntas.

35 A modo de ejemplo no limitante solamente, las realizaciones de la presente invención se describirán ahora con referencia a las figuras acompañantes en las que:

La Figura 1 muestra una vista en sección transversal esquemática de una realización de un sistema de caldera de calor residual de acuerdo con un aspecto de la invención; y

La Figura 2 muestra una vista esquemática en sección transversal de un ejemplo de una cámara de mezcla ventajosa que no está de acuerdo con un aspecto de la invención.

40 Se observa que las figuras muestran realizaciones meramente preferidas de acuerdo con la invención, y que las figuras se proporcionan solo a modo de ejemplos y se deben entender como tales. En las figuras, los signos o números de referencia iguales o similares se refieren a partes iguales o correspondientes.

La Figura 1 muestra una vista esquemática en sección transversal de una realización de un sistema de caldera de calor residual W de acuerdo con un aspecto de la invención.

45 El sistema de caldera de calor residual W de acuerdo con la invención se puede disponer para utilizarse para enfriar el gas 220 de proceso, por ejemplo, en una planta que produce hidrógeno o gas de síntesis, por ejemplo, para la producción industrial de hidrógeno, producción de metanol, producción de amoníaco, producción de éter de dimetilo, etc. Se observa que el gas 220 de proceso relativamente caliente a ser enfriado por el sistema de caldera de calor residual W, cuyo gas durante el uso que pasa a través del sistema de caldera de calor residual W, se puede originar,
50 por ejemplo, de un reformador de vapor, un reformador autotérmico, un reformador regenerativo, o una unidad de oxidación parcial.

Por ejemplo, el gas 220 relativamente caliente a enfriar por el sistema de caldera de calor residual W puede estar inicialmente a una temperatura de al menos 500°C, preferentemente al menos 650°C, especialmente al menos 700°C. Adicionalmente o alternativamente, la temperatura de dicho gas relativamente caliente puede ser como máximo
55 1.200°C, preferentemente como máximo 1.100°C, tal como máximo 1.000°C.

5 Durante el uso, el sistema de caldera de calor residual W puede enfriar el gas a enfriar a una temperatura inferior a 350°C, por ejemplo, para el tratamiento de gas en una ubicación en dirección descendente del sistema de caldera de calor residual W. Dicho tratamiento de gas, puede, por ejemplo, ser o comprender un tratamiento catalítico tal como tratamiento de desplazamiento de gas de agua o separación por membranas, por depurado o por adsorción por cambio de presión. Se observa que la temperatura del gas 223 procedente de la caldera de calor residual W puede ser, por ejemplo, crítica para el funcionamiento seguro y adecuado de una unidad en dirección descendente respectiva y/o para la generación controlada de vapor. Por ejemplo, por lo tanto, se puede desear controlar la temperatura del gas de salida relativamente bien.

10 Como se puede ver en la Figura 1, el presente sistema de caldera de calor residual W para enfriar un gas de proceso comprende un primer intercambiador 2 de calor del tipo de cubierta y tubo. Dicho primer intercambiador 2 de calor de cubierta y tubo es para enfriar gas 220 relativamente caliente hasta gas 221 relativamente tibio permitiendo que el gas fluya a través de los tubos 13 de dicho primer intercambiador 2 de calor, en el que dichos tubos 13 se extienden a través de un espacio 14 dentro de una cubierta 25 de dicho primer intercambiador 2 de calor.

15 Ventajosamente, el sistema de caldera de calor residual W también puede comprender una cámara 1 de entrada en conexión fluida con los extremos en dirección ascendente de los tubos 13 del primer intercambiador 2 de calor, cuya cámara 1 puede comprender además una entrada 11 para permitir que el gas relativamente caliente ingrese a la cámara 1 de entrada, e ingrese al sistema de caldera de calor residual W en caso de que la cámara 1 de entrada sea la parte más en dirección ascendente del sistema de caldera de calor residual W. Una pared o cubierta 12 que define la cámara 1 de entrada, que puede, por ejemplo, estar hecha de acero u otro metal o aleación, se puede revestir preferentemente con material refractario para evitar que el material de dicha pared o cubierta 12 se esponga en cierta medida a una temperatura excesiva y al estrés debido a la alta temperatura del gas de entrada. La cámara 1 de entrada puede estar provista de múltiples salidas para permitir que el gas 220 relativamente caliente fluya desde dicha cámara 1 a los respectivos tubos 13 del primer intercambiador 2 de calor.

25 Durante el uso del sistema de caldera de calor residual W, el gas de proceso relativamente caliente fluye a través de los tubos 13 del primer intercambiador 2 de calor en el que el calor se puede transferir a un fluido refrigerante, tal como agua, que fluye a través del espacio 14 definido por la cubierta 25 y cuyo fluido refrigerante contacta la superficie exterior de dichos tubos 13.

El sistema de caldera de calor residual W también comprende una cámara 3 intermedia para recibir gas, enfriada a gas 221 relativamente tibio, que sale de los tubos 13 del primer intercambiador 2 de calor.

30 Adicionalmente, el sistema de caldera de calor residual W comprende un segundo intercambiador 4 de calor de cubierta y tubo, que es para enfriar el gas 221 relativamente tibio más abajo hasta el gas 222 relativamente frío permitiendo que el gas fluya desde la cámara 3 intermedia y a través de tubos 13' del segundo intercambiador 4 de calor, cuyos tubos 13' se extienden a través de un espacio 14' dentro de una cubierta 25' de dicho segundo intercambiador 4 de calor.

35 En el respectivo intercambiador 2; 4 de calor de cubierta y tubo, el fluido refrigerante, por ejemplo, agua, puede entrar en la cubierta 25; 25' respectiva a través de una o más entradas 15; 15', que se pueden conectar a los denominados bajantes, y pueden salir de dicha cubierta 25; 25' a través de una o más salidas 16; 16', que se pueden conectar a los llamados tubos ascendentes. Por ejemplo, debido a que el líquido de enfriamiento que absorbe el calor del gas a enfriar puede al menos parcialmente, y preferentemente de manera sustancialmente completa, convertirse en gas, por ejemplo, vapor, en la una o más salidas 16; 16' puede estar ubicado en un lado superior de la cubierta 25; 25' respectiva. Adicionalmente, la una o más entradas 15; 15' pueden estar ubicadas en un lado sustancialmente opuesto, por ejemplo, en o cerca de un lado inferior, de dicha cubierta 25; 25'.

45 Ventajosamente, la cubierta 25 puede estar equipada con uno o múltiples respiraderos 17; 17', por ejemplo, para evitar la formación de vapor, por ejemplo, los más superiores de los tubos 13; 13' del respectivo intercambiador 2; 4 de calor de cubierta y tubo)

50 Ventajosamente, se puede proporcionar una o más salidas 18; 18' de purga del sistema de caldera, por ejemplo, en un lado inferior de la cubierta 25; 25' del intercambiador 2; 4 de calor respectivo, para permitir desperdiciar intencionalmente algo de líquido refrigerante, por ejemplo, agua, del espacio 14; 14' en dicha cubierta 25; 25' para contrarrestar una concentración relativamente alta o acumulación de impurezas tales como sólidos, por ejemplo, durante la evaporación continua de vapor. Dichas salidas 18; 18' de purga del sistema de caldera puede por ejemplo estar formado por conexiones de reborde y puede facilitar un sistema de purga intermitente para eliminar los sólidos acumulados del interior de la cubierta respectiva.

55 La cámara 3 intermedia está provista de una salida 6 que está conectada de manera fluida a un canal 60 de derivación para permitir que una parte del gas 221 relativamente tibio ingrese a dicha cámara 3 intermedia desde los tubos 13 del primer intercambiador 2 de calor para evitar el tubo 13' del segundo intercambiador 4 de calor de cubierta y tubo. Tanto el canal 60 de derivación como los tubos 13' del segundo intercambiador 4 de calor de cubierta y tubo están en conexión fluida con una cámara 10 de mezcla para mezclar juntos el gas 221 relativamente tibio que fluye desde la

ES 2 791 310 T3

cámara 3 intermedia a la cámara 10 de mezcla a través del canal 60 de derivación y el gas 222 relativamente frío sale de los tubos 13' del segundo intercambiador 4 de calor de cubierta y tubo.

5 Por lo tanto, la temperatura del gas 222 relativamente frío que proviene del segundo intercambiador 4 de calor se puede elevar en cierta medida mezclándolo con el gas 221 relativamente tibio, en lugar de mezclarlo con el gas 220 relativamente caliente como se hace en sistemas de caldera de calor residual de la técnica anterior. Como resultado, se contrarrestará que la cámara 10 de mezcla estará expuesta a gases de temperaturas relativamente altas, por ejemplo, temperaturas superiores a 500°C, por ejemplo, temperaturas entre 700°C y 1.000°C.

10 Se observa que los tubos 13' del segundo intercambiador 4 de calor de cubierta y tubo pueden suministrar el gas 222 relativamente frío, por ejemplo, a una cámara 5 de salida, y que dicha cámara 5 de salida se puede conectar, por ejemplo, de forma fluida con la cámara 10 de mezcla a través de un canal 8 de conexión que conecta una salida 7 de la cámara 5 de salida con una entrada 101 de la cámara 10 de mezcla.

15 Más aún, se observa que el primer intercambiador 4 de calor de cubierta y tubo, la cámara 3 intermedia y el segundo intercambiador 4 de calor de cubierta y tubo se pueden proporcionar en un cuerpo principal de caldera de calor residual, especialmente un cuerpo principal en forma de recipiente. Ventajosamente, como se puede ver en la realización ejemplar de la Figura 1, el cuerpo principal de caldera de calor residual en las realizaciones también puede comprender la cámara 1 de entrada y/o la cámara 5 de salida. La pared exterior o cubierta del cuerpo 12, 25, 32, 25', 52 principal de la caldera de calor residual, se pueden formar ventajosamente al menos parcialmente por la cubierta 25 del primer intercambiador 2 de calor, una pared 32 exterior de la cámara 3 intermedia, y la cubierta 25' del segundo intercambiador 4 de calor. Adicionalmente, las paredes 12, 52 exteriores de la cámara 1 de entrada y/o la cámara 5 de salida pueden definir, por ejemplo, partes del cuerpo 12, 25, 32, 25', 52 principal de la caldera de calor residual.

20 Ventajosamente, el canal 60 de derivación puede estar provisto de una válvula 9 de control o la denominada válvula 9 de derivación para controlar el flujo de gas 221 relativamente tibio derivando los tubos 13' del segundo intercambiador 4 de calor. Por lo tanto, se puede utilizar dicha válvula 9 para ajustar la velocidad de flujo de dicha porción de gas de proceso relativamente caliente que sale de la cámara 3 intermedia a través del canal 60 de derivación, permitiendo el control de temperatura del gas 223 de salida del sistema de caldera residual W.

Al colocar dicha válvula 9 de derivación fuera de la cámara 3 intermedia y/o fuera del cuerpo principal del sistema, la válvula 9 de derivación puede ser relativamente fácil de acceder para propósitos de mantenimiento.

30 Aunque el canal 60 de derivación se puede formar preferentemente como un canal externo, por ejemplo, un tubo externo, provisto fuera de la cubierta 25' del segundo intercambiador 4 de calor de cubierta y tubo, y preferentemente fuera del cuerpo 12, 25, 32, 25', 52 principal de la caldera de calor residual, el canal de derivación se puede formar en realizaciones alternativas como un canal interno que se extiende al menos parcialmente a través del espacio 14' dentro de la cubierta 25' del segundo intercambiador 4 de calor de cubierta y tubo, por ejemplo, para facilitar un diseño relativamente compacto del sistema de caldera de calor residual W. En este último caso, dicho canal interno puede ser relativamente ancho con respecto a un solo tubo 13' del segundo intercambiador 4 de calor de cubierta y tubo, y/o dicho canal interno se puede aislar térmicamente relativamente bien con respecto a los tubos 13' del segundo intercambiador 4 de calor de cubierta y tubo, es decir, dicho tubo 13' es térmicamente conductor relativamente bien con respecto a dicho canal interno.

40 En realizaciones preferidas, la cámara 10 de mezcla puede ubicarse fuera del cuerpo 12, 25, 32, 25', 52 principal de la caldera de calor residual. Sin embargo, en realizaciones alternativas, la cámara 10 de mezcla se puede ubicar dentro del calor residual cuerpo 12, 25, 32, 25', 52 principal de caldera. Por ejemplo, la cámara 10 de mezcla puede ubicarse en el interior y/o puede estar formada por la cámara 5 de salida, por ejemplo, cuando el canal de derivación se forma como un canal de derivación interna que se extiende a través del segundo intercambiador 4 de calor de cubierta y tubo.

45 Con respecto a los intercambiadores 2; 4 de calor de cubierta y tubo, se observa que, en las realizaciones, los intercambiadores 2; 4 de calor pueden estar provistos de placas 20 de tubos que pueden formar un borde entre los respectivos intercambiadores 2; 4 de calor y una respectiva cámara 1; 3 en dirección descendente o una respectiva cámara 3; 5 en dirección ascendente. Las placas 20 de tubos pueden estar provistas de agujeros conectados a la cámara 1; 3; 5 respectiva con los respectivos tubos 13; 13' para permitir que el gas fluya desde la cámara respectiva hacia dichos tubos o desde dichos tubos hacia la cámara respectiva, respectivamente.

50 Los tubos se pueden conectar herméticamente a la cámara respectiva por medio de la placa 20 de tubos respectiva. Adicionalmente, los tubos pueden estar soportados por placas 21 de soporte o los denominados deflectores 21 proporcionados dentro del intercambiador 2; 4 de calor respectivo. Ventajosamente, el líquido refrigerante que fluye se puede distribuir sustancialmente por igual en la dirección axial del intercambiador de calor de cubierta y tubo por medio de dichos deflectores o placas 21 de soporte y/o por medio de placas 19 de distribución de flujo u otro tipo de dispositivos 19 dispuesto para una distribución óptima del flujo a través de la cubierta 25; 25' del respectivo intercambiador de calor.

Aunque el segundo intercambiador 4 de calor de cubierta y tubo puede tener sustancialmente el mismo diseño que el primer intercambiador 2 de calor de cubierta y tubo, y aunque ambos intercambiadores 2; 4 de calor pueden estar

sustancialmente equipados con las mismas características 25; 25', 13; 13', 15; 15', 16; 16', 17; 17', 18; 18', 19; 19', 20, las dimensiones de ambos intercambiadores 2; 4 de calor pueden diferir entre sí. Por ejemplo, la longitud y/o el diámetro de la cubierta y/o la longitud, el diámetro y/o el número de los tubos pueden ser diferentes. Dado que el gas que fluye a través del segundo intercambiador de calor de cubierta y tubo es de una temperatura más baja, el área de la superficie en sección transversal de los tubos 13' del segundo intercambiador de calor y, por lo tanto, el diámetro del segundo intercambiador de calor puede ser relativamente pequeño con respecto al primer calor intercambiador Adicional o alternativamente, el diseño del deflector puede ser diferente.

Además, se observa que, aunque los tubos tienen un diseño sustancialmente recto en la realización ejemplar mostrada en la Figura 1, los tubos pueden tener otro diseño, por ejemplo, un diseño en forma de U. Alternativa o adicionalmente, los deflectores 21, que están en la realización ejemplar diseñada para permitir que el agua fluya sustancialmente transversal a los tubos, por ejemplo, sustancialmente hacia arriba, pueden tener un diseño diferente en realizaciones alternativas. Por ejemplo, los deflectores se pueden colocar de modo que definan una ruta serpentina, por ejemplo, de un intercambiador de calor de tubo recto de una pasada, por ejemplo, permitiendo que el líquido refrigerante, preferentemente agua, fluya sustancialmente en la dirección opuesta del gas que fluye a través de los tubos

El sistema comprende un primer y un segundo intercambiador de calor de cubierta y tubo. Cada intercambiador de calor de cubierta y tubo comprende normalmente al menos una cubierta y múltiples tubos. Comúnmente, la cubierta y los tubos del primer intercambiador de calor están separados de la cubierta y los tubos del segundo intercambiador de calor por la cámara intermedia. El primer intercambiador de calor está generalmente ubicado de manera sustancialmente longitudinal al lado del segundo intercambiador de calor, en particular en una dirección longitudinal de los tubos. Por lo tanto, el segundo intercambiador de calor se encuentra adyacente al primer intercambiador de calor en una dirección longitudinal de los tubos del primer intercambiador de calor, separados entre sí por la cámara intermedia (y opcionalmente las placas de tubos si están presentes).

Como se puede ver mejor en la Figura 2, que muestra una cámara 10 de mezcla correspondiente a la cámara 10 de mezcla del sistema de caldera de calor residual W de la Figura 1, en realizaciones de un sistema de caldera de calor residual W de acuerdo con la invención, la cámara 10 de mezcla se puede formar como una te 10 de mezcla.

Preferentemente, la cámara 10 de mezcla tiene un diseño de tal manera que el gas 221 relativamente tibio entra en la cámara 10 de mezcla a través de una pieza 109 reductora que tiene un diámetro reducido con respecto al canal 60 de derivación y/o con respecto a la cámara 10 de mezcla. Por lo tanto, el gas 221 relativamente tibio que fluye desde dicho canal 60 de derivación hacia la cámara 10 de mezcla puede soplar dentro de la cámara 10 de mezcla de manera relativamente central, contrarrestando de esta manera que contacte directamente con la pared de la cámara 10 de mezcla, y contrarrestando de esta manera las tensiones del material impuesto mecánicamente en la cámara 10 de mezcla, por ejemplo, debido a diferencias de temperatura.

Adicional o alternativamente, al menos una porción del extremo distal del canal 60 de derivación se puede formar mediante un manguito 105 que se extiende hacia el interior 110 de la cámara 10 de mezcla. Una superficie 106 de pared interna de la cámara 10 de mezcla se puede separar entonces de una superficie 105' de pared externa de dicho manguito 105. Como resultado, el gas 221 relativamente tibio, que proviene de la cámara 3 intermedia, y fluye a través de dicho manguito 105, puede dispersar parte de su calor a través de la pared de dicho manguito 105, a gas que tiene una temperatura más baja, gas que se encuentra entre la superficie de la pared 105' exterior de dicho manguito 105 y la superficie 106 de pared interior de la cámara 10 de mezcla. Como consecuencia, el gas 221 relativamente tibio que proviene de la cámara 3 intermedia se puede preenfriar aún más antes de que pueda entrar en contacto con la pared 106 interna de la cámara 10 de mezcla. Por lo tanto, el polvo metálico de la cámara 10 de mezcla se puede contrarrestar en gran medida.

El diámetro del manguito 105 y/o la distancia entre dicho manguito 105 y la pared 106 interior de la cámara 10 de mezcla se puede elegir de manera que se pueda contrarrestar que el gas 221 relativamente tibio que fluye fuera de dicho manguito 105 contacte con el material de la pared de la cámara de mezcla antes de ser mezclado con el gas 222 relativamente frío, contrarrestando de esta manera la tensión del material de la pared de la cámara de mezcla. De este modo, el gas 221 relativamente caliente puede concentrarse en el centro de la cámara 10 de mezcla y puede experimentar mezcla e intercambio de calor con el gas 222 de proceso relativamente frío, que preferentemente fluye sustancialmente coaxialmente. El ajuste fino del diámetro de la cámara de mezcla y la velocidad tanto del gas de proceso relativamente caliente como del gas de proceso relativamente frío pueden permitir la mezcla del gas en una cámara de mezcla de tamaño relativamente pequeño, al tiempo que permiten evitar tensiones excesivas en el material de cámara de mezcla.

Preferentemente, el diámetro del manguito 105 y el diámetro de la pared de la cámara 10 de mezcla se seleccionan de manera que el flujo de gas de proceso relativamente caliente se pueda mezclar de manera relativamente homogénea con el gas de proceso relativamente frío antes de que salga de la cámara 10 de mezcla, por ejemplo, a través de una pieza 103 reductora cerca del extremo de la cámara de mezcla.

Ventajosamente, la cámara 10 de mezcla puede estar provista de una entrada 102 conectada de forma fluida al segundo intercambiador 4 de calor de cubierta y tubo, estando ubicada dicha entrada 102 sustancialmente lateralmente al lado del manguito 105, de modo que durante el uso del sistema de caldera de calor residual W al

menos una parte, y preferentemente todo, del gas 222 relativamente frío que sale de los tubos 13' del segundo intercambiador 4 de calor de cubierta y tubo ingresa a la cámara 10 de mezcla en una ubicación sustancialmente lateralmente al lado de dicho manguito 105 Como resultado, la temperatura de una porción de gas presente en la cámara 10 de mezcla y fuera del manguito 105 puede ser relativamente fría y/o dicha porción de gas se puede refrescar con relativa facilidad.

La cámara 10 de mezcla comprende un manguito 105 de entrada para gas relativamente caliente o relativamente caliente, extendiéndose dicho manguito 105 hacia el interior 110 de la cámara 10 de mezcla, en el que una superficie de la pared 106 interior de la cámara 10 de mezcla está separada de una superficie de la pared 105' exterior de dicho manguito 105, en el que la cámara 10 de mezcla está provista de una entrada 101 para permitir que el gas relativamente frío entre en la cámara 10 de mezcla, en el que dicha entrada 101 está situada sustancialmente lateralmente al lado de dicho manguito.

Como se puede ver en las figuras, la cámara 10 de mezcla puede tener un diseño sustancialmente alargado. Ventajosamente, el manguito 105 o al menos una parte extrema del mismo que se extiende dentro de dicha cámara 10 de mezcla puede extenderse sustancialmente coaxialmente con dicha cámara 10 de mezcla, por ejemplo, con una pared que circunscribe el interior 110 de la cámara 10 de mezcla.

Adicionalmente o alternativamente, una porción 103 de extremo de la cámara 10 de mezcla, preferentemente de una cámara de mezcla sustancialmente alargada, puede estar provista de una salida 107 para permitir que el gas 223 mezclado en dicha cámara 10 de mezcla fluya fuera de dicha cámara 10 de mezcla, en el que el área superficial cubierta por una sección transversal de dicha porción 103 de extremo de la cámara 10 de mezcla se reduce hacia dicha salida 107, preferentemente de una manera sustancialmente gradual. Se observa que la porción 103 de extremo se puede formar, así como una pieza 103 reductora.

En las realizaciones, la cámara 10 de mezcla puede comprender una pared externa que tiene un diámetro interno que está fijado en función tanto del flujo másico del gas relativamente tibio como del flujo másico del gas de proceso relativamente frío y como una función de las velocidades de entrada de ambos dichos gases y la velocidad de salida del gas mixto final. El diámetro de la cámara 10 de mezcla se puede seleccionar de modo que la distribución del flujo en dicha cámara 10 de mezcla esté relativamente homogeneizada, por ejemplo, para evitar una tensión excesiva sobre el material.

La cámara 10 de mezcla se utiliza en una realización del sistema de caldera de calor residual W que tiene un canal 60 de derivación que evita el segundo intercambiador 4 de calor de cubierta y tubo como se describió anteriormente, la cámara 10 de mezcla, como se mencionó anteriormente, también se puede utilizar en otro sistema de caldera de calor residual. Por ejemplo, la entrada 101 para gas relativamente frío puede estar en conexión fluida con salidas de gas formadas por los extremos de los tubos de un intercambiador de calor de cubierta y tubo de dicho sistema alternativo de caldera de calor residual, y el manguito 105 de entrada para gas relativamente caliente o para un gas relativamente caliente, por ejemplo, puede estar en conexión fluida con una cámara de entrada provista en dirección ascendente de dicho intercambiador de calor de cubierta y tubo de dicho sistema alternativo de caldera de calor residual por medio de un canal de derivación. Preferentemente, dicho canal de derivación puede estar provisto de una válvula de control, más preferentemente una válvula de control resistente a altas temperaturas, como dicho canal de derivación puede en dichas realizaciones de la cámara 10 de mezcla recibir gas relativamente caliente, por ejemplo, a una temperatura superior a 500°C, superior 650°C, o incluso por encima de 700°C, que no está preenfriado.

Un sistema de caldera de calor residual está diseñado para soportar altas temperaturas y altas presiones, que normalmente se encuentran en el enfriamiento del gas de proceso. De acuerdo con la anterior, la entrada para proporcionar al sistema gas de proceso (por ejemplo, la entrada 11) está comúnmente revestida de refractario, ya que el gas de proceso que ingresa al sistema está normalmente entre 700 y 950°C.

Los tubos y/o las placas de tubos están diseñados para permitirles acomodar grandes diferencias de temperatura. Preferentemente, los tubos y/o las láminas de los tubos son delgados y hasta cierto punto flexibles. El diseño de lámina delgada de tubo se basa en la teoría de la membrana flexible que se mantiene en su lugar mediante los tubos, por lo que los tubos deben estar en tensión. Desde un punto de vista mecánico, la presión en los tubos (es decir, el lado del gas de proceso) es preferentemente menor que la presión en la cubierta (es decir, el lado del agua) del intercambiador de calor. La alta presión en la superficie interna de los tubos haría que los tubos se comprimiran (eventualmente en compresión excéntrica), lo que conduciría a una cantidad indeseable de tensión en los tubos. La presión en el lado del gas de proceso, la presión en el lado del agua y la diferencia de presión entre los dos pueden ser como se describió anteriormente para las aplicaciones de la caldera de calor residual en general.

El primer intercambiador de calor de cubierta y tubo, la cámara intermedia y el segundo intercambiador de calor de cubierta y tubo pueden estar ubicados en un cuerpo principal del sistema de caldera de calor residual, especialmente un cuerpo principal en forma de recipiente. El cuerpo principal en forma de recipiente tiene preferentemente un diseño sustancialmente alargado. Dicho diseño es adecuado para soportar altas presiones y altas temperaturas que se encuentran normalmente en el enfriamiento del gas de proceso. Además, proporcionará una distribución de calor aceptable y gradual en todo el sistema.

En el caso de un diseño alargado, el primer intercambiador de calor generalmente está ubicado sustancialmente longitudinalmente a un lado del segundo intercambiador de calor. De acuerdo con lo anterior, el segundo intercambiador de calor generalmente se encuentra adyacente al primer intercambiador de calor en una dirección longitudinal del cuerpo principal alargado, con los intercambiadores separados entre sí por la cámara intermedia (y opcionalmente las placas de tubos si están presentes). Por lo tanto, la cámara intermedia se coloca normalmente en la porción media del cuerpo principal alargado, con el primer intercambiador de calor ubicado en un lado de la cámara intermedia hacia un extremo del cuerpo principal alargado y el segundo intercambiador de calor ubicado en el otro lado de la cámara intermedia hacia el otro extremo del cuerpo principal alargado. Dicho diseño también proporciona un mantenimiento fácil ya que las partes más frías de la caldera de calor residual, en particular la cámara de salida y/o la cámara de mezcla, son bien accesibles. Generalmente se reconoce en la técnica que el potasio lixiviado del catalizador de reformado contribuye a la corrosión de los tubos en la parte más fría de la caldera de calor residual convencional.

Preferentemente, cada uno del primer y segundo intercambiador de calor de cubierta y tubo está provisto de al menos dos láminas de tubo. Normalmente se proporciona una lámina de tubo en ambos extremos del intercambiador de calor. Por lo tanto, el primer y segundo intercambiador de calor constituyen esencialmente dos compartimentos separados. Este diseño tiene la ventaja de reducir las tensiones inducidas por la expansión del tubo diferencial, especialmente en comparación con un diseño con un solo intercambiador de calor o una sola cubierta. La flexibilidad de tener dos intercambiadores de calor de tubo y cubierta separados permite una alta capacidad de enfriamiento.

En un aspecto, la invención también se refiere a un método para enfriar un gas de proceso, cuyo método preferentemente se puede realizar por medio de un sistema de caldera de calor residual W de acuerdo con otro aspecto de la invención.

En este método, se puede proporcionar un gas 220 de proceso relativamente caliente, por ejemplo a una temperatura superior a 500° C, preferentemente superior a 650°C, especialmente a 700°C o superior. Dicho gas 220 de proceso relativamente caliente se puede originar, por ejemplo, de un reformador de vapor, un reformador autotérmico, un reformador regenerativo o una unidad de oxidación parcial. En una segunda etapa, dicho gas 220 de proceso relativamente caliente se enfría a gas 221 relativamente tibio, por ejemplo, gas 221 relativamente tibio de 550°C o menos, especialmente 500°C o menos, por ejemplo, por medio de un primer intercambiador 2 de calor, preferentemente un intercambiador 2 de calor de cubierta y tubo, tal como, por ejemplo, un intercambiador 2 de calor que forma parte de un sistema de caldera de calor residual W como se describió anteriormente.

El gas de proceso que pasa a través del sistema de caldera de calor residual generalmente se carga al sistema de caldera de calor residual a una presión relativamente alta, por ejemplo, entre 5 y 60 bar, comúnmente entre 10 y 50 bar, tal como 20 y 35 bar.

En una tercera etapa, una primera porción o primera fracción de dicho gas 221 relativamente tibio se enfría aún más por medio de un segundo intercambiador de calor, preferentemente un segundo intercambiador 4 de calor de cubierta y tubo, como por ejemplo un intercambiador 4 de calor es parte de un sistema de caldera de calor residual W como se describió anteriormente. Por ejemplo, se enfría hasta un gas 222 relativamente frío, por ejemplo, un gas 222 que tiene una temperatura de 400°C o menos, especialmente 350°C o menos.

Una segunda porción o segunda fracción del gas 221 relativamente tibio se deriva a lo largo de dicho segundo intercambiador 4 de calor.

Adicionalmente, el método comprende una etapa de mezclar dicho gas 222 relativamente frío y dicha porción desviada del gas 221 relativamente tibio juntos en un gas 223 mezclado, preferentemente en una ubicación fuera del cuerpo principal de la caldera de calor residual.

Ventajosamente, el método puede comprender una etapa adicional de ajuste del flujo de la segunda porción desviada del gas relativamente caliente, por ejemplo, por medio de una válvula 9 de control, para controlar la temperatura del gas 223 mezclado, preferentemente con el fin de obtener un gas mezclado de sustancialmente una temperatura predeterminada.

Se observa que el método puede comprender además etapas de detección de la temperatura del gas 223 de salida, detección de la temperatura del gas 220 relativamente caliente, detección de la temperatura del gas 222 relativamente frío, y/o detección de la temperatura del gas 221 relativamente caliente, y/o las etapas de detectar el caudal o los caudales de uno o más de los respectivos flujos de gas, por ejemplo, un flujo másico del gas respectivo, para controlar la temperatura del gas 223 de salida, por ejemplo al controlar o ajustar la válvula 9 de control al menos en parte en base a uno o más de dichos parámetros detectados y/o una temperatura de gas de salida deseada. Por ejemplo, el sistema de caldera de calor residual W puede estar provisto de uno o más controladores y/o sensores. Además, la válvula 9 de derivación puede estar equipada con un accionador, y preferentemente también un posicionador y/o un sensor de posición, para controlar la posición de la válvula de derivación con el fin de permitir que una cantidad controlada del gas 221 relativamente tibio que sale de la cámara 3 intermedia fluir a la cámara 10 de mezcla.

En una realización preferida, la velocidad de flujo regulada del gas relativamente caliente derivado puede depender de la temperatura medida desde el gas 222 relativamente frío alimentado a la cámara 10 de mezcla, por ejemplo, a través del canal 8 de conexión.

5 Se observa que, con fines de claridad y una descripción concisa, las características se describen en el presente documento como parte de las mismas o diferentes realizaciones, sin embargo, se apreciará que el alcance de la invención puede incluir realizaciones que tienen combinaciones de todos o algunos de las características descritas.

10 En la presente divulgación, se considera que también se ha divulgado toda combinación de partes de las realizaciones divulgadas. Por ejemplo, las partes que solo se describen explícitamente como parte de un sistema de caldera de calor residual que tiene un canal de derivación que se extiende desde una cámara intermedia entre dos intercambiadores de calor de cubierta y tubo hacia dicha cámara de mezcla, también se divulga en la presente divulgación como parte de un cámara de mezcla como tal, cuya cámara de mezcla no se utiliza necesariamente y/o se va a utilizar en dicho sistema de caldera de calor residual.

Adicionalmente, se observa que la invención no está restringida a las realizaciones descritas en este documento. Se entenderá que son posibles muchas variantes.

15 Por ejemplo, el sistema puede comprender múltiples primeros intercambiadores de calor de cubierta y tubo, en los que se pueden proporcionar cámaras intermedias adicionales entre las adyacentes de dichos primeros intercambiadores de calor de cubierta y tubo múltiples. Adicional o alternativamente, el sistema puede comprender múltiples segundos intercambiadores de calor de cubierta y tubo, en el que se pueden proporcionar cámaras intermedias adicionales entre
20 las adyacentes de dichos segundos intercambiadores de calor de cubierta y tubo múltiples. Entonces, se pueden disponer uno o varios canales de derivación para desviar gas relativamente tibio de una o múltiples de dichas cámaras intermedias, por ejemplo, al menos desde una cámara intermedia prevista entre el o el último primer intercambiador de calor y el o el primer segundo intercambiador de calor, hacia el cámara de mezclado. Proporcionar intercambiadores de calor múltiples primero y/o múltiples segundos puede, por ejemplo, superar las limitaciones de longitud del tubo y/o cubierta. El crecimiento diferencial entre la cubierta y los tubos se puede reducir considerablemente y se pueden
25 construir sistemas de calderas relativamente grandes sin una tensión mecánica excesiva en el intercambiador de calor respectivo.

Como otro ejemplo, los intercambiadores de calor del sistema pueden tener una configuración periférica de lámina de tubo, por ejemplo, que comprende nudillos, pero alternativamente pueden tener una configuración periférica rígida, por ejemplo, que carecen de dichos nudillos.

30

REIVINDICACIONES

1. Sistema de caldera de calor residual (W) para enfriar un gas (220) de proceso, que comprende:

un primer intercambiador (2) de calor de cubierta y tubo para enfriar el gas (220) relativamente caliente hasta el gas (221) relativamente tibio al permitir que el gas fluya a través de los tubos (13) de dicho primer intercambiador (2) de calor, cuyos tubos (13) se extienden a través de un espacio (14) dentro de una cubierta (25) de dicho primer intercambiador (2) de calor;

una cámara (3) intermedia para recibir gas, enfriado un gas (221) relativamente tibio, que sale de los tubos (13) del primer intercambiador (2) de calor; y

un segundo intercambiador (4) de calor de cubierta y tubo para enfriar el gas (221) relativamente tibio más abajo a un gas (222) relativamente frío al permitir que el gas fluya desde la cámara (3) intermedia y a través de tubos (13') del segundo intercambiador (4) de calor, cuyos tubos (13') se extienden a través de un espacio (14') dentro de una cubierta (25') de dicho segundo intercambiador (4) de calor,

en el que se propociona la cámara (3) intermedia con una salida (6) conectada de forma fluida a un canal (60) de derivación para permitir que una parte del gas (221) relativamente tibio ingrese s dicha cámara (3) intermedia desde los tubos (13) del primer intercambiador (2) de calor para desviar los tubos (13') del segundo intercambiador (4) de calor de cubierta y tubo, en el que tanto el canal (60) de derivación y los tubos (13') del segundo intercambiador (4) de calor de cubierta y tubo están en conexión fluida con una cámara (10) de mezcla para mezclar juntos el gas (221) relativamente tibio que fluye desde la cámara (3) intermedia en la cámara (10) de mezcla a través del canal (60) de derivación y el gas (222) relativamente frío que sale de los tubos (13') del segundo intercambiador (4) de calor de cubierta y tubo.

2. Sistema de caldera de calor residual (W) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el primer intercambiador (2) de calor de cubierta y tubo, la cámara (3) intermedia y el segundo intercambiador (4) de calor de tubo y cubierta se localizan en un cuerpo principal de diseño alargado y el primer intercambiador (2) de calor se localiza sustancialmente longitudinalmente a un lado del segundo intercambiador (4) de calor; y/o

en el que se propociona el canal (60) de derivación con una válvula (9) de control para controlar el flujo de gas (221) relativamente tibio que desvía los tubos (13') del segundo intercambiador (4) de calor.

3. Sistema de caldera de calor residual (W) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes,

en el que al menos una poción de extremo distal del canal (60) de derivación se forma un manguito (105) que se extiende en el interior (110) de la cámara (10) de mezcla, y en el que una superficie (106) de pared interna de la cámara (10) de mezcla se separa de una superficie (105') de pared externa de dicho manguito (105),

preferentemente en el que se propociona la cámara (10) de mezcla con una entrada (102) conectada de forma fluida al segundo intercambiador (4) de calor de cubierta y tubo y dicha entrada (102) se localiza sustancialmente lateralmente a un lado del manguito (105) de tal manera que durante uso del sistema de caldera de calor residual (W) al menos una poción del gas (222) relativamente frío que sale de los tubos (113') del segundo intercambiador (4) de calor de cubierta y tubo entra en la cámara (10) de mezcla en una ubicación sustancialmente lateralmente a un lado de dicho manguito (105).

4. Sistema de caldera de calor residual (W) de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la cámara (10) de mezcla es de diseño sustancialmente alargado, y en el que el manguito (105) o la porción de extremo del mismo que se extiende en dicha cámara (10) de mezcla se extiende sustancialmente coaxialmente con dicha cámara (10) de mezcla.

5. Sistema de caldera de calor residual (W) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que se proporciona una porción (103) de extremo de la cámara (10) de mezcla, preferentemente de una cámara (10) de mezcla sustancialmente alargada, con una salida (107) para permitir que el gas (223) mezclado junto en la cámara (10) de mezcla fluya fuera de dicha cámara (10) de mezcla, y en el que el área de superficie cubierta por una sección transversal de dicha porción (103) de extremo de la cámara (10) de mezcla se reduce hacia dicha salida (107), preferentemente en una manera sustancialmente gradual.

6. Sistema de caldera de calor residual (W) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el primer intercambiador (2) de calor de cubierta y tubo, la cámara (3) intermedia y el segundo intercambiador (4) de calor de cubierta y tubo se localizan en un cuerpo principal, especialmente un cuerpo (12, 25, 32, 25', 52) principal en forma de vaso, en el que la cámara (10) de mezcla se localiza fuera de dicho cuerpo (12, 25, 32, 25', 52) principal.

7. Sistema de caldera de calor residual (W) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el canal (60) de derivación es un canal externo proporcionado fuera de la cubierta (25') del segundo intercambiador (4) de calor de cubierta y tubo, y preferentemente fuera del cuerpo (12, 25, 32, 25', 52) principal.

8. Sistema de caldera de calor residual (W) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que el canal (60) de derivación es un canal interno que se extiende a través del espacio (14') dentro de la cubierta (25') del segundo intercambiador (4) de calor de cubierta y tubo.
- 5 9. Sistema de caldera de calor residual (W) de acuerdo con la reivindicación 8, en el que dicho canal interno es relativamente amplio con respecto a un tubo (13') del segundo intercambiador (4) de calor de cubierta y tubo, y/o
- en el que dicho canal interno se aísla térmicamente relativamente bien con respecto a un tubo (13') del segundo intercambiador (4) de calor de cubierta y tubo, es decir dicho tubo (13') es térmicamente conductor relativamente bien con respecto a dicho canal interno.
- 10 10. Sistema de caldera de calor residual (W) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, la cámara (10) de mezcla comprende un manguito (105) de entrada para gas (221) relativamente tibio o relativamente caliente, dicho manguito (105) se extiende en el interior (110) de la cámara (10) de mezcla, en el que una superficie (106) de pared interna de la cámara (10) de mezcla se separa de una superficie (105') de pared externa de dicho manguito (105), en el que se proporciona la cámara (10) de mezcla con una entrada (101) para permitir que el gas (222) relativamente frío entre en la cámara (10) de mezcla, en la que dicha entrada (101) se localiza sustancialmente lateralmente a un lado de dicho manguito (105).
- 15 11. Sistema de caldera de calor residual (W) de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la cámara (10) de mezcla es de diseño sustancialmente alargado y el manguito (105) o una porción de extremo del mismo se extiende sustancialmente coaxialmente con dicha cámara (10) de mezcla sustancialmente alargada; y/o
- 20 en el que la entrada (101) para gas (222) relativamente frío está en conexión fluida con salidas de gas formadas por los extremos de los tubos (13') de un intercambiador (4) de calor de cubierta y tubo de un sistema de caldera de calor residual (W) y el manguito (105) de entrada para gas relativamente tibio o gas (221) relativamente caliente está en conexión fluida con una cámara (3) de entrada proporcionada en dirección ascendente de dicho intercambiador (4) de calor de cubierta y tubo de dicho sistema de caldera de calor residual (W) por medio de un canal (60) de derivación, preferentemente dicho canal (60) de derivación se proporciona con una válvula (9) de control, más preferentemente una válvula (9) de control resistente a altas temperaturas.
- 25 12. Método para enfriar un gas (220) de proceso, que comprende las etapas de:
- proporcionar un gas (220) relativamente caliente de proceso a una temperatura por encima de 500°C, preferentemente por encima de 650°C, especialmente en o por encima de 700°C;
- 30 enfriar dicho gas (220) relativamente caliente de proceso hasta el gas (221) relativamente tibio, por ejemplo, gas (221) relativamente tibio de 550°C o menor, especialmente 500°C o menor, por medio de un primer intercambiador (2) de calor, preferentemente un intercambiador (2) de calor de cubierta y tubo;
- enfriar una primera porción de dicho gas (221) relativamente tibio más abajo, es decir enfriar hasta gas (222) relativamente frío, por ejemplo, gas (222) que tiene una temperatura de 400°C o menor, especialmente 350°C o menor, por medio de un segundo intercambiador (4) de calor, preferentemente un segundo intercambiador (4) de calor de
- 35 cubierta y tubo;
- desviar una segunda porción del gas (221) relativamente tibio a lo largo de dicho segundo intercambiador (4) de calor; y
- mezclar dicho gas (222) relativamente frío y dicha porción desviada del gas (221) relativamente tibio juntos en un gas (223) mezclado.
- 40 13. Método de acuerdo con la reivindicación 12,
- en el que el método comprende adicionalmente la etapa de ajustar el flujo de la segunda porción desviada del gas (221) relativamente tibio para controlar la temperatura del gas (223) mezclado, preferentemente con el fin de obtener un gas (223) mezclado de sustancialmente una temperatura predeterminada; y/o
- 45 en el que se conduce el método en un sistema de caldera de calor residual (W) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-11.

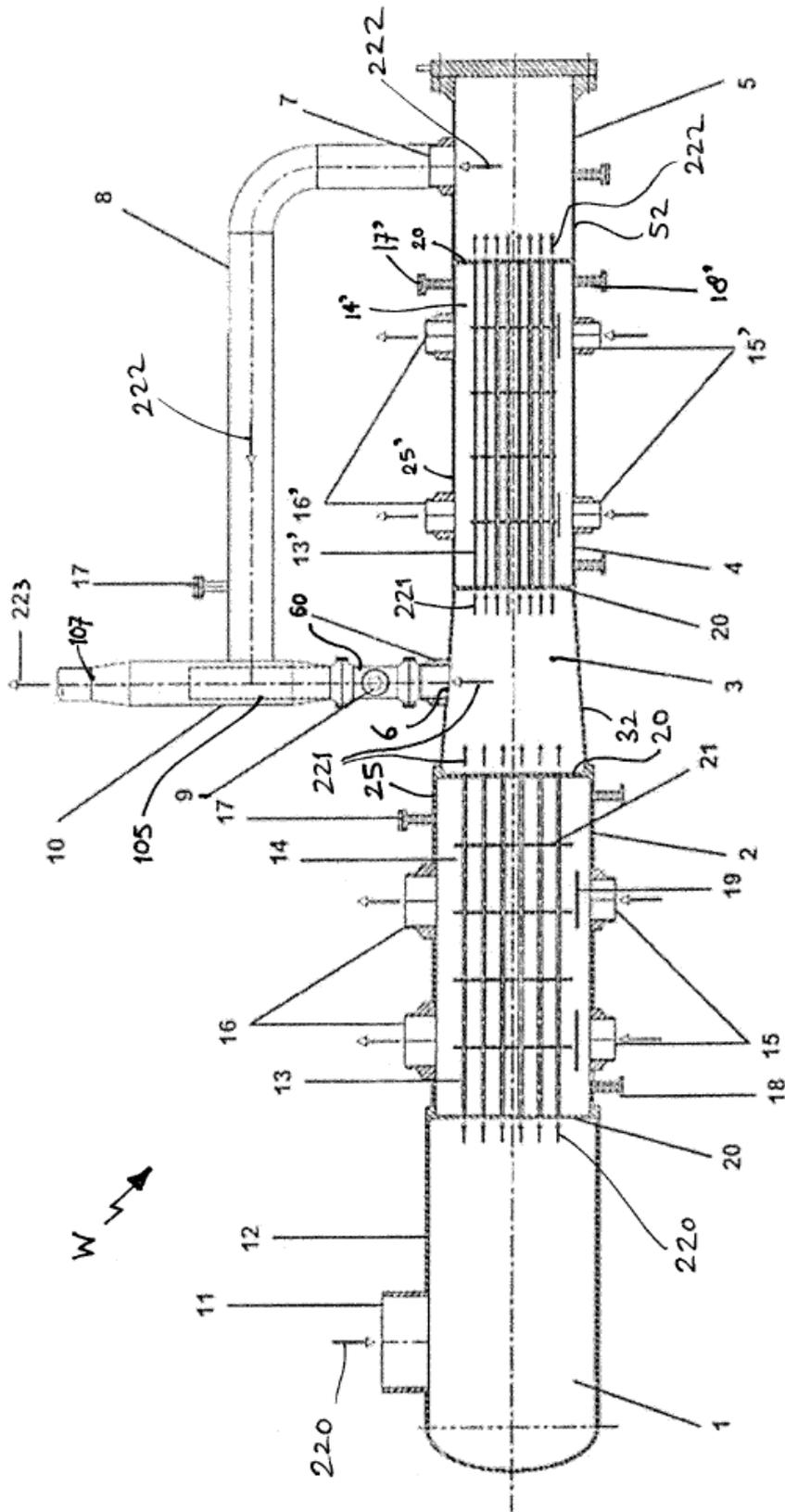


Fig. 1

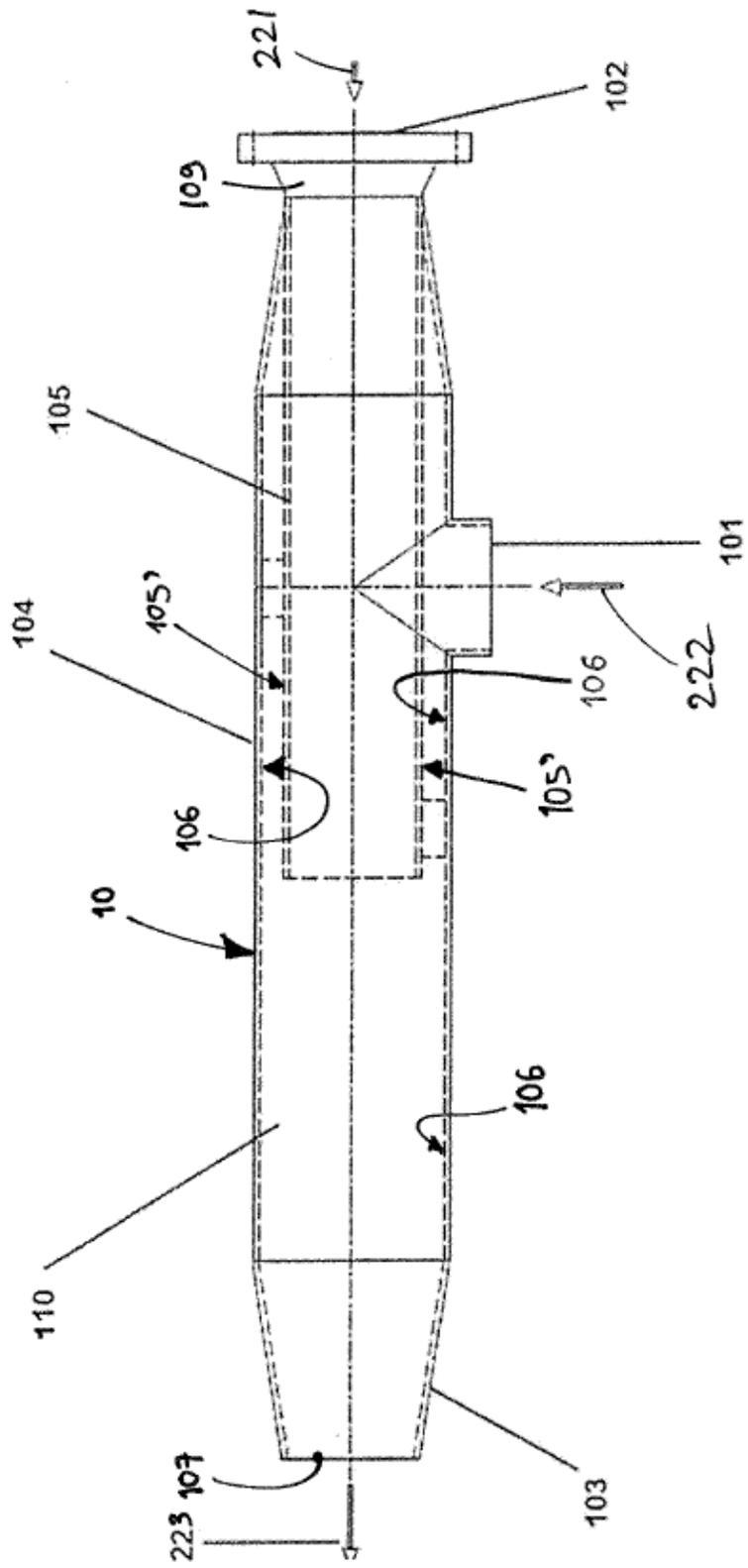


Fig. 2