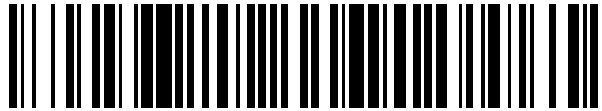


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 630 311**

51 Int. Cl.:

C10K 1/00 (2006.01)

C10K 1/02 (2006.01)

C10K 1/06 (2006.01)

C10K 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.10.2012 PCT/CN2012/083597**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.07.2013 WO13097536**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2012 E 12862504 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.04.2017 EP 2799524**

54 Título: **Procedimiento de enfriamiento y lavado de gas de síntesis de biomasa y sistema del mismo**

30 Prioridad:

29.12.2011 CN 201110449513

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.08.2017

73 Titular/es:

**WUHAN KAI DI ENGINEERING TECHNOLOGY
RESEARCH INSTITUTE CO., LTD. (100.0%)
T1 Jiangxia Avenue, Miaoshan Development
Zone, Jiangxia District
Wuhan, Hubei 430223, CN**

72 Inventor/es:

**ZHANG, YANFENG;
LIU, WENYAN;
XIA, MINGGUI y
ZHANG, LIANG**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 630 311 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de enfriamiento y lavado de gas de síntesis de biomasa y sistema del mismo

Campo de la invención

- 5 La invención se refiere al uso de la energía de la biomasa en el campo de las nuevas energías, y más particularmente a un procedimiento y a un sistema para enfriar y lavar el gas de síntesis de la biomasa.

Antecedentes de la invención

Con la disminución de la reserva de combustible fósil, se le ha prestado cada vez más atención y se ha desarrollado rápidamente la biomasa, una energía limpia y renovable. La producción de gas y petróleo utilizando biomasa ha sido un importante proyecto de investigación en el campo del desarrollo de las nuevas energías.

- 10 Al igual que la producción de gas de carbón, la producción de gas de biomasa requiere procedimientos de purificación de enfriamiento y de lavado. Actualmente, los estudios sobre el procedimiento de gasificación de la biomasa han obtenido una gran cantidad de resultados, mientras que se han llevado a cabo relativamente pocos estudios sobre la purificación del gas de síntesis de biomasa, que se refieren principalmente al procedimiento convencional para enfriar y lavar el gas de carbón.

- 15 El enfriamiento del gas de carbón generalmente se lleva a cabo en el gasificador, fuera del gasificador o en un gasificador combinado.

- 20 Cuando se utiliza agua para enfriar el gas de síntesis en el gasificador, el gasificador tiene una estructura complicada y un tamaño grande. La escoria se adhiere fácilmente a una superficie de la pared del gasificador, se forma fácilmente escama en el lado del agua del gasificador y existen peligros ocultos, como la explosión del tubo y la perforación y la fuga de agua. Cuando se utiliza gas para enfriar el gas de síntesis en el gasificador, el consumo de gas es grande, el gas mezclado se incrementa en un gran volumen, de manera que las dimensiones de los dispositivos posteriores aumentan de forma correspondiente. Además, el procedimiento principal y el procedimiento de gas de carbón circulante requieren un gran consumo de energía.

- 25 Cuando se utiliza agua para enfriar el gas de síntesis fuera del gasificador, la temperatura del gas de síntesis se enfría a entre 200 y 300 °C, sin embargo, este procedimiento solo puede aplicarse a gases de síntesis químicos particulares, teniendo por lo tanto una gran limitación.

- 30 Cuando el gas de síntesis a alta temperatura se enfría mediante el uso de una caldera de calor residual de radiación, se requiere que la caldera de calor residual tenga una superficie de calentamiento de la escoria relativamente grande, y tiene que estar equipada con un dispositivo de eliminación de polvo particular, lo que aumenta la inversión en el dispositivo.

Los procedimientos para eliminar el polvo del gas de carbón incluyen: precipitación, filtrado, precipitación ciclónica, precipitación eléctrica, lavado con agua y eliminación del polvo mediante un lavador Venturi. Los diferentes procedimientos de eliminación de polvo varían en el efecto de la eliminación de polvo y en el consumo de resistencia.

- 35 Las características de los diferentes gases de síntesis producidos a partir de diferentes materias primas y por diferentes procedimientos de gasificación no son todas iguales. Sin embargo, el procedimiento de procedimiento objetivo y la configuración del sistema deben adoptarse para asegurar el objetivo de purificación avanzada y el objetivo económico. Los procedimientos convencionales para purificar el gas de carbón, caracterizados por ser sistemas complicados, procedimientos largos, de alto consumo de energía, baja eficiencia y estabilidad y por ser poco rentables, deben optimizarse y desarrollarse cuando se aplican para tratar el gas de síntesis de biomasa.
- 40

Sumario de la invención

- 45 En vista de los problemas descritos anteriormente, un objetivo de la invención es proporcionar un procedimiento, como se describe en la reivindicación 1, y un sistema, como se describe en la reivindicación 6, para enfriar y lavar gas de síntesis de biomasa. El procedimiento es fácil y el sistema es simple y tiene bajo consumo de energía y alta eficiencia.

Para lograr el objetivo anterior, de acuerdo con una realización de la invención, se proporciona un procedimiento de enfriamiento y lavado de gas de síntesis de biomasa. El gas de síntesis de biomasa tiene una temperatura de entre 1000 y 1100 °C, un contenido de polvo de menos de 20 g/Nm³ y un contenido de alquitrán de menos de 3 g/Nm³. El procedimiento comprende las siguientes etapas:

- 50 1) introducir el gas de síntesis en una torre de enfriamiento rápido para condensar una escoria;
- 2) introducir el gas de síntesis después de la condensación de la escoria en una caldera de calor residual para recuperar calor residual y condensar un alquitrán pesado en el gas de síntesis;

3) introducir el gas de síntesis de la caldera de calor residual en una torre de lavado-enfriamiento para eliminar el polvo y disminuir la temperatura del gas de síntesis; e

4) introducir el gas de síntesis después de eliminar el polvo y de disminuir la temperatura en la torre de lavado-enfriamiento en un precipitador electrostático para eliminar adicionalmente el polvo y el alquitrán.

5 El gas de síntesis después de enfriarse en la torre de enfriamiento rápido en la etapa 1) tiene una temperatura de entre 780 y 820 °C.

En la etapa 1), el gas de síntesis se enfría previamente mediante un dispositivo de conductos de enfriamiento por agua antes de entrar a la torre de enfriamiento rápido.

10 En la etapa 2), el calor residual se recupera en una sección a alta temperatura y en una sección a baja temperatura. La sección a alta temperatura es una caldera de calor residual de tubo de agua, y la temperatura del gas de síntesis en una salida de la misma está controlada a entre 400 y 450 °C. La sección a baja temperatura es una caldera de calor residual de tubo de calor y la temperatura del gas de síntesis en una salida de la misma está controlada a 200 °C por debajo.

15 Una presión de vapor de calor residual en la sección a alta temperatura es mayor que 1,6 megapascales. Una presión de vapor de calor residual en la sección a baja temperatura está entre 0,5 y 1,6 megapascales.

20 En la etapa 1), la torre de enfriamiento rápido es una torre de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua. El gas de síntesis se enfría previamente mediante el dispositivo de conductos de enfriamiento por agua y se transporta a la torre de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua. El calor residual recuperado por el dispositivo de conductos de enfriamiento por agua y por la torre de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua se transporta a la caldera de calor residual de tubo de calor para realizar la separación de vapor-agua y el agua se hace circular para su uso.

En la etapa 3), la temperatura del gas de síntesis en la torre de lavado-enfriamiento se reduce a entre 40 y 45 °C.

25 Otro objetivo de la invención es proporcionar un sistema para enfriar y lavar el gas de síntesis de biomasa. El sistema comprende una torre de enfriamiento rápido conectada a un gasificador de biomasa por pirólisis a alta temperatura. La torre de enfriamiento rápido está conectada a una caldera de calor residual, a una torre de lavado-enfriamiento y a un precipitador electrostático a través de una tubería de gas de síntesis.

El gasificador de biomasa por pirólisis a alta temperatura está conectado a la torre de enfriamiento rápido a través de un dispositivo de conductos de enfriamiento por agua.

30 El dispositivo de conductos de enfriamiento por agua comprende: un conducto de enfriamiento por agua y los primeros tubos de calentamiento. El conducto de enfriamiento por agua está formado por un conducto de enfriamiento por agua de entrada, un conducto de enfriamiento por agua curvo superior, un conducto de enfriamiento por agua recto, un conducto de enfriamiento por agua curvo inferior y un conducto de enfriamiento por agua de salida, conectados en serie y con conexión estanca. Los primeros tubo de calentamiento están dispuestos circunferencialmente y los primeros tubos de calentamiento adyacentes están conectados sin interrupciones a través de las primeras tiras de chapa de acero para formar una pared anular de enfriamiento por agua. Una cavidad de la pared anular de enfriamiento por agua forma los conductos de diferentes secciones.

35 El conducto de enfriamiento por agua de entrada comprende un colector anular de entrada y una pared anular de entrada de enfriamiento por agua. La pared anular de entrada de enfriamiento por agua está conectada al conducto de enfriamiento por agua curvo superior. El colector anular de entrada está provisto de un tubo de entrada de un medio de enfriamiento para introducir un medio de enfriamiento y de una pluralidad de adaptadores conectados a los primeros tubos de calentamiento, respectivamente. Una estructura del conducto de enfriamiento por agua de salida es la misma que la del conducto de enfriamiento por agua de entrada. Una pared interior del conducto de enfriamiento por agua está provista de una primera capa refractaria que tiene un espesor de entre 60 y 80 mm.

La torre de enfriamiento rápido es la torre de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua.

45 La torre de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua comprende un cilindro de enfriamiento por agua estanco. El cilindro de enfriamiento por agua está rodeado por una pluralidad de segundos tubos de calentamiento, y los segundos tubos de calentamiento adyacentes están en conexión estanca. Los extremos inferiores de todos los segundos tubos de calentamiento están conectados a un colector de entrada para la entrada del agua de enfriamiento; los extremos superiores de todos los segundos tubos de calentamiento están conectados a un colector de salida para la salida del agua de enfriamiento. Una primera junta de entrada está dispuesta en una parte superior de una pared del cilindro de enfriamiento por agua para introducir el gas de síntesis a tratar. Una primera junta de salida está dispuesta en una parte inferior de la pared del cilindro de enfriamiento por agua para la salida del gas de síntesis después del tratamiento. La parte inferior del cilindro de enfriamiento por agua tiene forma de un cono invertido, y una parte inferior del cono invertido está provista de una salida de escoria.

Una pluralidad de tubos de pulverización de agua está dispuesta en una parte superior del cilindro de enfriamiento

5 por agua. Un sistema de tubos de pulverización de un tubo de pulverización de agua comprende: un tanque de compensación y una tobera de atomización. El tubo de pulverización de agua está dispuesto entre el tanque de compensación y la tobera de atomización. Una salida de agua del tanque de compensación está conectada al tubo de pulverización de agua a través de una válvula de salida de agua. Una entrada de agua del tanque de compensación está conectada a una válvula de entrada de agua. El tanque de compensación está provisto además de una entrada de gas y de una salida de gas; la entrada de gas del tanque de compensación está conectada a una válvula de entrada de gas; y la salida de gas del tanque de compensación está conectada a una válvula de salida de gas.

10 La caldera de calor residual comprende una caldera de calor residual de tubo de agua y una caldera de calor residual de tubo de calor conectadas en serie.

15 La caldera de calor residual de tubo de agua comprende: un primer tambor y un cuerpo de la caldera dispuesto debajo del primer tambor. El cuerpo de la caldera está en una estructura horizontal. Una segunda junta de entrada y una segunda junta de salida están dispuestas en dos extremos horizontales del cuerpo de la caldera. El cuerpo de la caldera comprende: una pared de la caldera y una pluralidad de terceros tubos de calentamiento dispuestos longitudinalmente. Los extremos superiores de todos los terceros tubos de calentamiento están conectados a un colector superior a través de una tubería de conexión superior. Los extremos inferiores de todos los terceros tubos de calentamiento están conectados a un colector inferior a través de un tubo de conexión inferior. El colector superior está conectado al primer tambor a través de un tubo de salida de vapor para recuperar vapor. El colector inferior está conectado a la parte inferior del primer tambor a través de un tubo de bajada para suministrar el agua de enfriamiento. Dos paredes laterales del cuerpo de la caldera son paneles de tubo de pared de membrana. Un extremo superior y un extremo inferior de cada panel de tubo de pared de membrana están conectados al colector superior y al colector inferior, respectivamente.

20 La caldera de calor residual de tubo de calor comprende: cuartos tubos de calentamiento, un segundo tambor y una pared de aislamiento térmico. Los cuartos tubos de calentamiento son tubos térmicos. Una sección de liberación de calor de cada tubo de calentamiento se inserta en el segundo tambor, y una sección de absorción de calor de cada tubo de calentamiento está dispuesta en la pared de aislamiento térmico. La pared de aislamiento térmico está conectada a una tercera junta de entrada y a una tercera junta de salida mediante soldadura, y un extremo inferior de la pared de aislamiento térmico está conectado a una tolva de cenizas mediante soldadura.

25 La torre de enfriamiento rápido es una torre de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua. El gasificador de biomasa por pirólisis a alta temperatura está conectado a la torre de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua a través del dispositivo de conductos de enfriamiento por agua. Una tubería de agua de la caldera de calor residual de tubo de calor está en conexión en serie con una tubería de agua del dispositivo de conductos de enfriamiento por agua y con una tubería de agua de la torre de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua para formar un sistema de circulación de agua.

30 La torre de lavado-enfriamiento es una torre de lavado-enfriamiento empaquetada.

El precipitador electrostático es un precipitador electrostático húmedo.

Una salida de gas del precipitador electrostático está conectada a un gasómetro y a un quemador mediante un ventilador.

35 En comparación con el tratamiento de purificación existente del gas de carbón, las ventajas de acuerdo con las realizaciones de la invención se resumen como sigue: el procedimiento de enfriamiento se realiza fuera del gasificador mediante pulverización de agua, de modo que el procedimiento de gasificación no se ve afectado. Tanto el efecto de la condensación de la escoria como la eficiencia térmica del sistema se mejoran mediante el control del grado de enfriamiento. La configuración de las dos secciones de las calderas de calor residual bajo dos presiones consigue la recolección centralizada del alquitrán pesado, la recuperación de calor residual gradual y la mejora de la eficiencia térmica de los dispositivos. La torre de lavado-enfriamiento y el precipitador electrostático se emplean para eliminar el polvo y el alquitrán, realizando de este modo la purificación gradual del gas de síntesis. Todo el procedimiento es fácil y la estructura del sistema es simple.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de estructura de un sistema para enfriar y lavar gas de síntesis de biomasa.

50 La figura 2 es un diagrama de estructura de un dispositivo de conductos de enfriamiento por agua de la figura 1.

La figura 3 es una vista superior a lo largo de la dirección A de la figura 2.

La figura 4 es una vista ampliada tomada desde la línea B-B de la figura 2.

La figura 5 es un diagrama de estructura de una torre de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua de la figura 1.

La figura 6 es una vista en sección tomada de la línea C-C de la figura 5.

La figura 7 es una vista ampliada de la parte I de la figura 6.

La figura 8 es un sistema de tubos de pulverización de los tubos de pulverización de agua de la figura 5

La figura 9 es un diagrama de estructura de una caldera de calor residual de tubo de agua de la figura 1.

5 La figura 10 es una vista en sección tomada desde la línea D-D de la figura 9.

La figura 11 es un diagrama de estructura de una caldera de calor residual de tubo de calor de la figura 1.

La figura 12 es una vista en sección tomada desde la línea E-E de la figura 11.

En los dibujos, se utilizan los siguientes números de referencia: **1.** Dispositivo de conductos de enfriamiento por agua (**1.1.** Conducto de enfriamiento por agua de entrada; **1.2.** Conducto de enfriamiento por agua curvo superior; **1.3.** Conducto de enfriamiento por agua recto; **1.4.** Conducto de enfriamiento por agua curvo inferior; **1.5.** Conducto de enfriamiento por agua de salida; **1.6.** Primera capa refractaria; **1.7.** Primer tubo de calentamiento; **1.8.** Primera tira de chapa de acero); **2.** Torre de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua (**2.1.** Cilindro de enfriamiento por agua; **2.2.** Tubo de pulverización de agua; **2.3.** Colector de salida; **2.4.** Primera junta de entrada; **2.5.** Estructura de calentamiento adicional; **2.6.** Primera junta de salida; **2.7.** Colector de entrada; **2.8.** Salida de escoria; **2.9.** Segundo tubo de calentamiento; **2.10.** Segunda tira de chapa de acero; **2.11.** Primera capa de aislamiento térmico; **2.12.** Segunda capa refractaria); **3.** Caldera de calor residual de tubo de agua (**3.1.** Tercer tubo de calentamiento; **3.2.** Panel de tubo de pared de membrana; **3.3.** Tubo de conexión superior; **3.4.** Colector superior; **3.5.** Tubo de conexión inferior; **3.6.** Colector inferior; **3.7.** Primer tambor; **3.8.** Tubo de salida de vapor; **3.9.** Tubo de bajada; **3.10.** Tolva de cenizas; **3.11.** Segunda capa de aislamiento térmico; **3.12.** Segunda junta de entrada; **3.13.** Segunda junta de salida); **4.** Caldera de calor residual de tubo de calor (**4.1.** Cuarto tubo de calentamiento; **4.2.** Segundo tambor; **4.3.** Manguito de sellado; **4.4.** Tolva de cenizas; **4.5.** Tercera junta de entrada; **4.6.** Tercera junta de salida; **4.7.** Pared de aislamiento térmico); **5.** Torre de lavado-enfriamiento; **6.** Precipitador electrostático; **7.** Ventilador; **8.** Gasómetro; **9.** Quemador; **10.** Gasificador de biomasa por pirólisis a alta temperatura; **11.** Conducto aislado de chapa de acero; **12.** Sistema de tubos de pulverización de un tubo de pulverización de agua (**12.1.** Tanque de compensación; **12.2.** Válvula de entrada de agua; **12.3.** Válvula de entrada de gas; **12.4.** Válvula de salida de gas; **12.5.** Controlador de ajuste; **12.6.** Válvula de salida de agua; **12.7.** Orificio regulador; **12.8.** Válvula de cierre; **12.9.** Manómetro; **12.10.** Tobera de atomización).

Descripción detallada de las realizaciones

Las realizaciones detalladas de la invención se ilustran específicamente combinadas con los dibujos:

30 Como se muestra en la figura 1, un sistema para enfriar y lavar el gas de síntesis de biomasa de la invención comprende: una torre **2** de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua conectada a un gasificador **10** de biomasa por pirólisis a alta temperatura a través de un dispositivo **1** de conductos de enfriamiento por agua. La torre **2** de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua está conectada a una caldera **3** de calor residual de tubo de agua, a una caldera **4** de calor residual de tubo de calor, a una torre **5** de lavado-enfriamiento y a un precipitador **6** electrostático, respectivamente, a través de una tubería de gas de síntesis. Para recuperar y utilizar la energía calorífica, una tubería de agua de la caldera **4** de calor residual de tubo de calor, una tubería de agua del dispositivo **1** de conductos de enfriamiento por agua y una tubería de agua de la torre **2** de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua están conectadas en serie para formar un sistema de circulación de agua, permitiendo de este modo que el calor residual recuperado desde el dispositivo **1** de conductos de enfriamiento por agua y desde la torre **2** de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua se aplique en la caldera **4** de calor residual de tubo de calor. Además, una salida de gas del precipitador **6** electrostático está conectada a un gasómetro **8** y a un quemador **9** respectivamente a través de un ventilador **7**. La torre **5** de lavado-enfriamiento de lavado emplea una torre de lavado-enfriamiento empaquetada, el precipitador **6** electrostático emplea un precipitador electrostático húmedo y el gasómetro **8** emplea un gasómetro húmedo.

45 Preferentemente, el dispositivo **1** de conductos de enfriamiento por agua está conectado al gasificador **10** de biomasa por pirólisis a alta temperatura y a la torre **2** de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua, por lo que se evitan los defectos del conducto de gas común, que el conducto de gas común solo funciona en conexión pero no en enfriamiento de gases de combustión. El conducto común se encuentra en una estructura de barril que se lamina mediante una chapa de acero o se forma mediante un tubo de acero de un diámetro grande, y un mortero refractario que tiene un espesor de entre 200 y 300 mm se moldea en una pared interior de la estructura de barril. El conducto común de tal estructura es adiabático, imponiendo así altos requerimientos de capacidad de enfriamiento en los dispositivos de enfriamiento posteriores. Por otro lado, el peso del conducto es pesado en presencia del mortero refractario que tiene un espesor de entre 200 y 300 mm, y el mortero refractario es propenso a caerse, dando lugar a la perforación de la estructura de barril del conducto y a la fuga de gases de combustión, o incluso al riesgo de fuego o explosión. Como se muestra en las figuras 2-4, el dispositivo **1** de conductos de enfriamiento por agua comprende un conducto de enfriamiento por agua y los primeros tubos **1.7** de calentamiento. El conducto de enfriamiento por agua está formado por un conducto **1.1** de enfriamiento por agua de entrada, un conducto **1.2** de enfriamiento por

agua curvo superior, un conducto **1.3** de enfriamiento por agua recto, un conducto **1.4** de enfriamiento por agua curvo inferior y un conducto **1.5** de enfriamiento por agua de salida conectados en serie y con conexión estanca. Los primeros tubos **1.7** de calentamiento están dispuestos circunferencialmente y los primeros tubos **1.7** de calentamiento adyacentes se conectan sin interrupciones a través de las primeras tiras **1.8** de chapa de acero para formar una pared de enfriamiento por agua anular. Una cavidad de la pared anular de enfriamiento por agua forma los conductos de diferentes secciones. El conducto **1.1** de enfriamiento por agua de entrada comprende un colector anular de entrada y una pared anular de entrada de enfriamiento por agua. La pared anular de entrada de enfriamiento por agua está conectada al conducto **1.2** de enfriamiento por agua curvo superior. El colector anular de entrada está provisto de un tubo de entrada de un medio de enfriamiento para introducir un medio de enfriamiento. En el presente documento el medio de enfriamiento es agua de circulación introducida fuera de la caldera de calor residual de tubo de calor. El colector anular de entrada está provisto además de una pluralidad de adaptadores conectados a los primeros tubos **1.7** de calentamiento, respectivamente. Una estructura del conducto **1.5** de enfriamiento por agua de salida es la misma que la del conducto **1.1** de enfriamiento por agua de entrada. Una pared interior del conducto de enfriamiento por agua está provista de una primera capa **1.6** refractaria que tiene un espesor de entre 60 y 80 mm, preferentemente de 70 mm, para mejorar la resistencia a altas temperaturas y el rendimiento de resistencia al desgaste y prolongar la vida útil del mismo. Por lo tanto, el agua de enfriamiento introducida fuera de la caldera **4** de calor residual de tubo de calor entra en el colector anular de entrada del conducto **1.1** de enfriamiento por agua de entrada, pasa uniformemente a través de los primeros tubos **1.7** de calentamiento que forman diferentes secciones del conducto de enfriamiento por agua, se acumula en un colector anular de salida del conducto **1.5** de enfriamiento por agua de salida y, finalmente, entra en la torre de enfriamiento rápido. El agua de enfriamiento absorbe continuamente la energía calorífica del gas de síntesis de biomasa durante el procedimiento de flujo, de modo que la temperatura del agua de enfriamiento aumenta mientras que la temperatura del gas de síntesis de biomasa disminuye, realizándose de este modo el intercambio de calor entre los mismos. El dispositivo **1** de conductos de enfriamiento por agua funciona en el transporte de gas de combustión, así como en el enfriamiento del gas de combustión. Por lo tanto, la temperatura de la pared interior del conducto es baja, el alquitrán no es propenso a condensarse, la adherencia del alquitrán y la obstrucción de las cenizas resultantes de la condensación del alquitrán se evitan eficazmente, asegurando así la estabilidad de funcionamiento a largo plazo del dispositivo. Además, el conducto no requiere el mortero refractario de espesor grande, por lo que se evitan la perforación de la estructura de barril del conducto y la fuga de gas de combustión resultante de la fractura y del colapso del mortero refractario, y se garantiza la seguridad para el funcionamiento a largo plazo del dispositivo. Debe entenderse que la chimenea común también puede conseguir el esquema técnico de la invención, pero su efecto no es bueno.

Preferentemente, la torre de enfriamiento rápido adopta una torre **2** de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua para resolver los problemas existentes en la torre de enfriamiento rápido común, tales como, peso pesado, inicio y parada lentos y fácil desprendimiento del mortero refractario de espesor relativamente grande. Como se muestra en las figuras. 5-7, la torre **2** de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua comprende un cilindro **2.1** de enfriamiento por agua estanco. El cilindro de enfriamiento por agua estanco está en una estructura de membrana, es decir, el cilindro **2.1** de enfriamiento por agua está rodeado por una pluralidad de segundos tubos **2.9** de calentamiento, un extremo superior del cilindro **2.1** de enfriamiento por agua tiene una forma de un cono formado doblando todos los segundos tubos **2.9** de calentamiento y los segundos **2.9** tubos de calentamiento adyacentes están en conexión estanca mediante el uso de tiras **2.10** de chapa de acero. Los extremos inferiores de todos los segundos tubos **2.9** de calentamiento están conectados a un colector **2.7** de entrada y los extremos superiores de todos los segundos tubos **2.9** de calentamiento están conectados a un colector **2.3** de salida. El agua de enfriamiento pasa respectivamente a través del colector **2.7** de entrada, de los segundos **2.9** tubos de calentamiento y del colector **2.3** de salida para absorber el calor residual del gas de síntesis, disminuyendo así la temperatura del gas de síntesis. Una primera junta **2.4** de entrada está dispuesta en una parte superior de una pared del cilindro **2.1** de enfriamiento por agua para introducir el gas de síntesis a tratar. Una primera junta **2.6** de salida está dispuesta en una parte inferior de la pared del cilindro **2.1** de enfriamiento por agua para la salida del gas de síntesis después del tratamiento. La primera junta **2.4** de entrada y la primera junta **2.6** de salida están hechas de bridas de acero. La parte inferior del cilindro **2.1** de enfriamiento por agua tiene forma de un cono invertido, y una parte inferior del cono invertido está provista de una salida **2.8** de escoria. Además, el cilindro **2.1** de enfriamiento por agua está provisto de una estructura **2.5** de calentamiento adicional de acuerdo con los requisitos de procedimiento y de diseño para mejorar la absorción del calor residual del gas de síntesis. En el presente documento, la estructura **2.5** de calentamiento adicional es una pluralidad de tubos de calentamiento en forma de U dispuestos en una parte superior de la pared del cilindro **2.1** de enfriamiento por agua. Una pluralidad de tubos **2.2** de pulverización de agua está dispuesta en una parte superior del cilindro **2.1** de enfriamiento por agua, el número de tubos **2.2** de pulverización de agua se determina de acuerdo con los requerimientos. Una pared interior de la parte de cono invertido del cilindro **2.1** de enfriamiento por agua está provista de una segunda capa **2.12** refractaria que tiene un espesor de entre 50 y 60 mm para mantener una superficie interior de la parte de cono invertido a una cierta temperatura, siendo por lo tanto beneficioso para la descarga de la escoria condensada y del alquitrán a través de la salida de escoria. Una superficie exterior del cilindro **2.1** de enfriamiento por agua se cubre con una primera capa **2.11** de aislamiento térmico que está hecha de algodón termoaislante que tiene una buena propiedad de aislamiento térmico y pequeña densidad, de modo que la temperatura de la superficie exterior de la torre de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua se mantiene a una temperatura que no exceda de 40 °C mientras que el peso de todo el dispositivo no aumenta. Durante el funcionamiento del dispositivo de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua, los tubos **2.2** de pulverización de agua trabajan junto con los segundos tubos **2.9** de calentamiento o están cerradas, dejando que

el gas de síntesis se enfría mediante los segundos tubos **2.9** de calentamiento individualmente. Por lo tanto, se cambia el procedimiento de enfriamiento convencional por pulverización de agua. En el presente documento, la torre de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua tiene una estructura simple, peso ligero, instalación y mantenimiento convenientes y es capaz de recuperar una parte del calor residual del gas de síntesis. Debe entenderse que la torre de enfriamiento rápido común también puede lograr el esquema técnico de la invención, pero su efecto no es bueno.

Cuando se adopta la torre de enfriamiento común o la torre **2** de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua, se adoptan los tubos **2.2** de pulverización de agua. En el presente documento se proporciona un sistema **12** de tubos de pulverización para los tubos **2.2** de pulverización de agua. Un procedimiento común de atomización por pulverización de agua incluye la atomización neumática y la atomización mecánica. Cuando se adopta la atomización neumática, se puede conseguir fácilmente un control estable del flujo y del efecto de pulverización de agua. Sin embargo, como se requiere que el gas comprimido para la atomización entre en el entorno de pulverización de agua, el uso de la atomización se restringe a cierto grado. Cuando se adopta la atomización mecánica, la presión del agua dentro de los tubos de agua a menudo fluctúa dentro de una cierta amplitud, por lo que es difícil mantener una presión del agua relativamente estable; y es difícil regular con precisión la presión del agua cuando se necesita regular la presión del agua, además, se requiere un largo período y un gran consumo de energía para regular la presión del agua a un valor establecido. Como se muestra en la figura 8, el sistema de tubos de pulverización para los tubos **2.2** de pulverización de agua comprende: un tanque **12.1** de compensación, un controlador **12.5** de ajuste, una válvula **12.2** de entrada de agua, una válvula **12.3** de entrada de gas, una válvula **12.6** de salida de agua y una tobera **12.10** de atomización. El tanque **12.1** de compensación es un tanque estanco de acero. En una parte superior del tanque **12.1** de compensación se almacena gas comprimido y en una parte inferior del tanque **12.1** de compensación se almacena agua. El tanque **12.1** de compensación se prueba con una entrada de agua, una salida de agua, una entrada de gas y una salida de gas, que están conectadas con la válvula **12.2** de entrada de agua, con la válvula **12.6** de salida de agua, con la válvula **12.3** de entrada de gas y con la válvula **12.4** de salida de gas, respectivamente. La válvula **12.2** de entrada de agua está dispuesta en una parte inferior del tanque **12.1** de compensación y está conectada a una fuente externa de agua que se suministra con el agua mediante los tubos de agua a una cierta presión o directamente mediante una bomba de agua en una región de planta. El agua de los tubos de enfriamiento entra en el tanque **12.1** de compensación. La válvula **12.6** de salida de agua está dispuesta en una parte inferior del tanque **12.1** de compensación y está conectada a una pluralidad de tubos de pulverización de agua en derivación. Cada uno de los tubos de pulverización de agua en derivación está conectado a un orificio **12.7** regulador, a una válvula **12.8** de cierre, a un manómetro **12.9** y a la tobera **12.10** de atomización, respectivamente. La válvula **12.3** de entrada de gas está dispuesta en la parte superior del tanque **12.1** de compensación y está conectada a una fuente de gas comprimido en la región de planta. La válvula **12.4** de salida de gas está dispuesta en una parte superior del tanque **12.1** de compensación y es capaz de comunicarse con el entorno externo. El controlador **12.5** de ajuste es un módulo de control y es capaz de controlar el inicio y el cierre de la válvula **12.3** de entrada de gas y de la válvula **12.4** de salida de gas de acuerdo con la presión dentro del tanque **12.1** de compensación y con el programa de funcionamiento, regulando la presión dentro del tanque **12.1** de compensación, con lo que se controla y se regula adicionalmente la presión del agua de pulverización en el sistema de tubos. Durante el funcionamiento del sistema **12** de tubos de pulverización, la fuente externa de agua entra en el tanque **12.1** de compensación a través de la válvula **12.2** de entrada de agua, el agua del tanque **12.1** de compensación pasa a través de la válvula **12.6** de salida de agua y se distribuye a cada tubo de pulverización de agua en derivación, en los que el agua fluye a través del orificio **12.7** regulador y de la válvula **12.8** de cierre y a la tobera **12.10** de atomización para la atomización, el agua atomizada se pulveriza finalmente en el entorno que requiere agua de pulverización, y en el presente documento el entorno que requiere agua de pulverización es la torre de enfriamiento rápido. El orificio **12.7** regulador se utiliza para equilibrar la presión de cada tubo de pulverización de agua en derivación y para asegurar el efecto de pulverización de agua de cada tubo de pulverización de agua en derivación. La válvula **12.8** de cierre determina si el tubo de pulverización de agua en derivación que está dispuesto funciona. El manómetro **12.9** se utiliza para mostrar una presión de atomización precisa. La presión dentro del sistema **12** de tubos de pulverización se controla mediante el gas comprimido en el tanque **2.1** de compensación y puede regularse de forma precisa y rápida por el sistema. La fuente de gas comprimido tiene un amplio intervalo de selección. Se utiliza la atomización mecánica, se impide que el gas comprimido entre en el entorno de pulverización de agua, y el intervalo de aplicación es amplio. Todo el procedimiento se controla mediante el controlador **12.5** de ajuste, realizando así el funcionamiento automático. Debe entenderse que el sistema de tubos de la atomización neumática común o de la atomización química también puede lograr el esquema técnico de la invención, pero su efecto no es bueno debido a los defectos descritos anteriormente.

Como se muestra en las figuras. 9-10, la caldera **3** de calor residual de tubo de agua comprende: un primer tambor **3.7** y un cuerpo de la caldera dispuesta debajo del primer tambor **3.7**. El cuerpo de la caldera está en una estructura horizontal. Una segunda junta **3.12** de entrada y una segunda junta **3.13** de salida están dispuestas en dos extremos horizontales del cuerpo de la caldera, respectivamente. El gas de síntesis a alta temperatura fluye horizontalmente en la caldera. El cuerpo de la caldera comprende: una pared de la caldera y una pluralidad de terceros tubos **3.1** de calentamiento dispuestos longitudinalmente. Dos paredes laterales del cuerpo de la caldera son paneles **3.2** de tubo de pared de membrana que funcionan en la absorción de calor y en el sellado. El gas de síntesis a alta temperatura fluye entre los terceros tubos **3.1** de calentamiento mientras que el agua de enfriamiento en el interior de los terceros tubos **3.1** de calentamiento y los paneles **3.2** de tubo de pared de membrana absorbe el calor residual del gas de

síntesis para disminuir la temperatura del gas de síntesis. Los extremos superiores y los extremos inferiores de todos los terceros tubos **3.1** de calentamiento están conectados a un tubo **3.3** de conexión superior y a un tubo **3.5** de conexión inferior, respectivamente, mediante soldadura. El tubo **3.3** de conexión superior y el tubo **3.5** de conexión inferior están conectados al colector **3.4** superior y al colector **3.6** inferior, respectivamente. Un extremo superior y un extremo inferior de cada panel **3.2** de tubo de pared de membrana también están conectados al colector **3.4** superior y al colector **3.6** inferior, respectivamente. El colector **3.4** superior está conectado con el primer tambor **3.7** a través de un tubo **3.8** de salida de vapor y una interconexión del tubo **3.8** de salida de vapor está dispuesta en una parte superior de la superficie del líquido en el primer tambor **3.7**, de modo que el vapor transformado a partir del agua de enfriamiento después de absorber el calor residual del gas de síntesis se recupera y se emite desde una parte superior del primer tambor **3.7** para aplicarlo en otro procedimiento. El colector **3.6** inferior está conectado a la parte inferior del primer tambor **3.7** a través de un tubo **3.9** de bajada. El agua de enfriamiento del primer tambor **3.7** pasa a través del tubo **3.9** de bajada, del colector **3.6** inferior y del tubo **3.5** de conexión inferior y entra en los terceros **3.1** tubos de calentamiento y en los paneles **3.2** de tubo de pared de membrana. De este modo, existe una diferencia de densidad entre el vapor y el agua de enfriamiento, de manera que se forma una circulación de agua natural entre el primer tambor **3.7** y los terceros tubos **3.1** de calentamiento y los paneles **3.2** de tubo de pared de membrana. Cuando el gas de síntesis de biomasa fluye entre los terceros tubos **3.1** de calentamiento, la temperatura del gas de síntesis de biomasa disminuye continuamente puesto que la energía calorífica del mismo se absorbe continuamente por el agua de enfriamiento. El alquitrán en el gas de síntesis se condensa continuamente y se adhiere a las superficies de los terceros tubos **3.1** de calentamiento y de los paneles **3.2** de tubos de pared de membrana, y el alquitrán está en estado líquido. Debido a que los terceros tubos **3.1** de calentamiento y los paneles **3.2** de tubos de pared de membrana están dispuestos longitudinalmente, el alquitrán fluye hacia abajo a lo largo con los terceros tubos **3.1** de calentamiento y de los paneles **3.2** de tubo de pared de membrana, por la acción de la gravedad y cae en una tolva **3.10** de cenizas dispuesta sobre un superficie inferior del cuerpo de la caldera descargándose de ese modo a partir de una salida de cenizas. La segunda junta **3.12** de entrada y la segunda junta **3.13** de salida adoptan estructuras cónicas, cuyas paredes interiores están cubiertas con capas refractarias hechas de mortero refractario o se cubren con serpentines de enfriamiento de agua. Además, las segundas capas **3.11** de aislamiento térmico están cubiertas en los paneles **3.2** de tubo de pared de membrana y en una superficie exterior de la pared superior del cuerpo de la caldera. Las segundas capas **3.11** de aislamiento térmico preferentemente están hechas de algodón termoaislante que tiene una buena propiedad de aislamiento térmico y pequeña densidad, por lo que el peso del dispositivo es significativamente más ligero que el de la caldera de calor residual convencional. La caldera **3** de calor residual de tubo de agua está dispuesta en una sección de procedimiento en la que la temperatura del gas de síntesis es relativamente alta y la eficiencia de transferencia de calor es alta. El vapor a alta presión recuperado puede utilizarse en otras secciones del procedimiento y el peso propio de caldera **3** de calor residual de tubo de agua es ligero.

La caldera **4** de calor residual de tubo de calor está en una estructura horizontal y el gas de síntesis en su interior fluye horizontalmente. La caldera **4** de calor residual de tubo de calor comprende cuartos tubos **4.1** de calentamiento (tubos de calor). Una pluralidad de los cuartos tubos **4.1** de calentamiento está dispuesta longitudinalmente en un orden. El gas de síntesis a alta temperatura fluye horizontalmente entre las partes inferiores de los cuartos tubos **4.1** de calentamiento en estructuras de tubo liso. Las partes superiores de los cuartos tubos **4.1** de calentamiento se insertan en un segundo tambor **4.2**. Un manguito **4.3** de sellado está dispuesto en una posición en la que los cuartos tubos **4.1** de calentamiento y el segundo tambor **4.2** están conectados para evitar el estrés térmico del metal debido a una diferencia de temperatura relativamente grande. El segundo tambor **4.2** está provisto de una entrada de agua de enfriamiento y una salida de agua caliente (o una salida de vapor). Dos lados de un haz de tubos formado por los cuartos tubos **4.1** de calentamiento están provistos de paredes de aislamiento **4.7** térmico. Una superficie de contacto entre cada pared **4.7** de aislamiento térmico y el gas de síntesis está provista de ladrillos de aislamiento térmico. Un lado exterior de la pared **4.7** de aislamiento térmico se suelda con chapas de acero para asegurar la estanqueidad integral. El algodón termoaislante está dispuesto entre los ladrillos de aislamiento térmico y las chapas de acero de acuerdo con el requisito del diseño. Una tercera junta **4.5** de entrada y una tercera junta **4.6** de salida de la caldera **4** de calor residual de tubo de calor son juntas cuadradas y redondas en estructuras cónicas formadas enrollando una chapa de acero. Una pared interior de la tercera junta **4.5** de entrada se moldea con un aislante térmico o mortero refractario. Tanto la tercera junta **4.5** de entrada como la tercera junta **4.6** de salida están en conexión estanca con las chapas de acero de sellado dispuestas fuera de la pared **4.7** de aislamiento térmico mediante soldadura. Las partes inferiores de los cuartos tubos **4.1** de calentamiento están provistas de una tolva **4.4** de cenizas de tipo de junta cuadrada y redonda enrolladas mediante una chapa de acero. La tolva **4.4** de cenizas también está en conexión estanca con las chapas de acero de sellado dispuestas fuera de la pared **4.7** de aislamiento térmico mediante soldadura. Cuando la caldera **4** de calor residual de tubo de calor funciona, las partes inferiores de los cuartos tubos **4.1** de calentamiento son secciones de absorción de calor y las partes superiores de los cuartos tubos **4.1** de calentamiento son secciones de liberación de calor. Las partes inferiores de los cuartos tubos **4.1** de calentamiento absorben la energía calorífica del gas de síntesis y disminuyen la temperatura del gas de síntesis. El agua de enfriamiento en el segundo tambor **4.2** absorbe la energía calorífica liberada desde las partes superiores de las de los cuartos tubos **4.1** de calentamiento y se transforma en agua caliente o en vapor que se introduce a continuación fuera del segundo tambor **4.2** y se suministra a otros procedimientos o para su uso. Para mejorar la eficiencia de utilización de calor, el agua caliente recuperada se suministra al dispositivo **1** de conductos de enfriamiento por agua y a la torre **2** de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua para su reciclado. El alquitrán se condensa continuamente a medida que la temperatura del gas de síntesis que fluye en la caldera **4** de

calor residual de tubo de calor disminuye.

Las partes inferiores de los cuartos tubos **4.1** de calentamiento no entran en contacto directamente con el agua de enfriamiento dentro del segundo tambor **4.2**. De este modo, las superficies de las partes inferiores de los cuartos tubos **4.1** de calentamiento se mantienen a una temperatura de metal relativamente alta, la temperatura del alquitrán adherido a las superficies de los mismos aumenta de manera correspondiente, lo que disminuye la viscosidad de flujo del alquitrán. Mientras tanto, las partes inferiores de los cuartos tubos **4.1** de calentamiento son estructuras lisas verticalmente hacia abajo en ausencia de accesorios adicionales que puedan aumentar la resistencia al flujo del alquitrán, de modo que el alquitrán que se adhiere y particularmente unido a las superficies de los cuartos tubos **4.1** de calentamiento cae a la tolva **4.4** de cenizas por la acción de la gravedad y finalmente se descarga fuera. Es necesario limpiar las superficies de los cuartos tubos **4.1** de calentamiento para mejorar la eficiencia de transferencia de calor de la caldera **4** de calor residual de tubo de calor. Es beneficioso para disminuir la corrosión del gas de síntesis en el metal, manteniendo las superficies los cuartos tubos **4.1** de calentamiento a una temperatura relativamente alta.

La caldera de calor residual común en lugar de la caldera **3** de calor residual de tubo de agua anteriormente descrita y de la caldera **4** de calor residual de tubo de agua también puede realizar la función de todo el sistema, sin embargo, la eficiencia de transferencia de calor y el efecto de la recuperación de calor residual de la caldera de calor residual común son relativamente pobres.

El procedimiento de enfriamiento y lavado de gas de síntesis de biomasa utilizando el sistema de enfriamiento y de lavado anterior se lleva a cabo como sigue:

1) El gas de síntesis biomasa producido en el gasificador **10** de biomasa que tiene la temperatura de entre 1000 y 1100 °C, un contenido de polvo de menos de 20 g/Nm³ y un contenido de alquitrán de menos de 3 g/Nm³, se introduce en la torre **2** de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua a través del dispositivo **1** de conductos de enfriamiento por agua, en el que el gas de síntesis se enfría previamente, se pulveriza agua en la torre de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua para disminuir la temperatura del gas de síntesis a entre 780 y 820 °C y para condensar la escoria en el gas de síntesis. La escoria se descarga desde una parte inferior de la torre de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua. Por lo tanto, se evita que las superficies de calentamiento de las calderas de calor residual se contaminen por la escoria en el procedimiento posterior y se garantiza la estabilidad del rendimiento de intercambio de calor de las calderas de calor residual.

2) El gas de síntesis después de la condensación de la escoria en la torre **2** de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua se transporta a la caldera de calor residual. La caldera de calor residual en el presente documento incluye una sección a alta temperatura y una sección a temperatura más baja. La sección a alta temperatura emplea la caldera **3** de calor residual de tubo de agua. La temperatura del gas de síntesis a la salida de la sección a alta temperatura de la caldera de calor residual está entre 400 y 450 °C, que es mayor que un punto de condensación del alquitrán pesado, evitando así la condensación del alquitrán. Una presión de diseño en la caldera de calor residual de tubo de agua es igual a o mayor que 1,6 megapascales, mejorando así la calidad de la temperatura del vapor y satisfaciendo los requisitos del vapor químico correspondiente. La sección a baja temperatura emplea la caldera **4** de calor residual de tubo de calor para mejorar el efecto de intercambio de calor. La temperatura del gas de síntesis a la salida de la sección a baja temperatura de la caldera de calor residual se controla a menos de 200 °C para condensar el alquitrán pesado en esta sección y para recoger el alquitrán pesado mediante el aliviadero. Una presión de diseño en la caldera de calor residual de tubo de calor es de entre 0,5 y 1,6 megapascales y el vapor a baja presión producido en la misma se suministra al precipitador electrostático para su desecho. El calor residual recuperado por el dispositivo **1** de conductos de enfriamiento por agua y por la torre **2** de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua se transporta a la caldera **4** de calor residual de tubo de calor para realizar la separación de vapor-agua, y el agua se hace circular para su uso.

3) Comparado con el gas de carbón, el gas de síntesis de la biomasa tiene un contenido relativamente bajo de polvo y de alquitrán. La eliminación previa de polvo no requiere un colector de polvo de ciclón o un colector de polvo Venturi, de modo que el gas de síntesis procedente de la salida de la caldera **4** de calor residual de tubo de calor se introduce directamente en la torre de lavado-enfriamiento empaquetada. No solo se realizan los fines de eliminación de polvo y de la disminución de la temperatura, sino que también los gases nocivos, incluyendo H₂S, NH₃ y HCN, se eliminan por lavado. Además, la resistencia del sistema se reduce y se ahorra el consumo eléctrico del ventilador **7**. La temperatura del gas de síntesis después del lavado se reduce a entre 40 y 45 °C.

4) El gas de síntesis finalmente se transporta a precipitador electrostático húmedo para eliminar adicionalmente el polvo y el alquitrán para asegurar tanto un contenido de polvo como un contenido de alquitrán de <10 mg/Nm³ y una temperatura de <45 °C, la cual satisface por completo el requerimiento de gas de los procedimientos posteriores. Una recuperación sensible de calor es mayor que el 80 %.

El gas de síntesis calificado se bombea a continuación mediante el ventilador **7** a un gasómetro húmedo para su almacenamiento o se suministra al procedimiento corriente abajo para su uso. El quemador **9** está conectado en paralelo con el gasómetro húmedo y es un dispositivo importante para la combustión de gases residuales cuando se inicia el sistema y la composición del gas de síntesis es excesiva.

La clave de la invención es utilizar la torre de enfriamiento rápido y la caldera de calor residual para enfriar el gas de síntesis y recuperar el calor residual y el alquitrán pesado, y emplear la torre de lavado-enfriamiento y el precipitador electrostático para eliminar gradualmente el polvo y el alquitrán, de modo que el enfriamiento y el lavado del gas de síntesis de biomasa se consiguen con bajo consumo de energía y alta eficiencia. Por lo tanto, el ámbito de la protección de la invención no está limitado por las realizaciones anteriores. Será obvio para los expertos en la materia que pueden hacerse cambios y modificaciones sin apartarse de la invención en sus aspectos más amplios. Por ejemplo: el dispositivo **1** de conductos de enfriamiento por agua, la torre **2** de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua, la caldera **3** de calor residual de tubo de agua y la caldera **4** de calor residual de tubo de calor no se limitan a las estructuras específicas ilustradas en lo anterior, el esquema técnico de la invención también se puede lograr mediante el uso del conducto común, de la torre de enfriamiento común y de la caldera de calor residual común. Las estructuras de los dispositivos en el sistema no se limitan a las estructuras específicas descritas en las realizaciones anteriores, es posible llevar a cabo cambios y modificaciones equivalentes. La caldera **4** de calor residual de tubo de calor, el dispositivo **1** de conductos de enfriamiento por agua, la torre **2** de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua no se limitan tampoco al tipo de circulación de agua de las realizaciones anteriores, es posible utilizar el suministro individual de agua para el dispositivo **1** de conductos de enfriamiento por agua y para la torre **2** de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua y suministrar el calor residual recuperado de la caldera de calor residual de tubo de calor para otros procedimientos. Los parámetros que incluyen la temperatura y la presión en diferentes etapas pueden ajustarse razonablemente de acuerdo con la temperatura, el contenido de polvo y el contenido de alquitrán del gas de síntesis a tratar. El objetivo de las reivindicaciones adjuntas es cubrir todos los cambios y modificaciones que entran dentro del verdadero espíritu y ámbito de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para enfriar y lavar gas de síntesis de biomasa, teniendo el gas de síntesis de biomasa una temperatura de entre 1000 y 1100 °C, un contenido de polvo de menos de 20 g/Nm³ y un contenido de alquitrán de menos de 3 g/Nm³, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:

- 5 1) introducir el gas de síntesis en una torre de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua para condensar una escoria; el gas de síntesis se enfría previamente mediante un dispositivo de conductos de enfriamiento por agua antes de transportarse a y de entrar en la torre de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua,
 2) introducir el gas de síntesis después de la condensación de la escoria en una caldera de calor residual para recuperar el calor residual y para condensar un alquitrán pesado en el gas de síntesis; en el que
 10 el calor residual se recupera en una sección a alta temperatura y en una sección a baja temperatura;
 la sección a alta temperatura es una caldera de calor residual de tubo de agua, y la temperatura del gas de síntesis en una salida de la misma está controlada a entre 400 y 450 °C;
 la sección a baja temperatura es una caldera de calor residual de tubo de calor, y la temperatura del gas de síntesis en una salida de la misma está controlada a 200 °C por debajo, y
 15 en el que el calor residual recuperado por el dispositivo de conductos de enfriamiento por agua y por la torre de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua se transporta a una caldera de calor residual de tubo de calor para realizar la separación de vapor-agua, y el agua se hace circular para su uso,
 3) introducir el gas de síntesis de la caldera de calor residual a una torre de lavado-enfriamiento para eliminar el polvo y disminuir la temperatura del gas de síntesis; e
 20 4) introducir el gas de síntesis después de eliminar el polvo y de disminuir la temperatura en la torre de lavado-enfriamiento en un precipitador electrostático para eliminar adicionalmente el polvo y el alquitrán.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, **caracterizado porque** el gas de síntesis después enfriarse mediante la torre de enfriamiento en la etapa 1) tiene una temperatura de entre 780 y 820 °C.

3. El procedimiento de la reivindicación 1, **caracterizado porque** una presión de vapor de calor residual en la sección a alta temperatura es mayor que 1,6 megapascales.

4. El procedimiento de la reivindicación 1, **caracterizado porque** una presión de vapor de calor residual en la sección a baja temperatura está entre 0,5 y 1,6 megapascales.

5. El procedimiento de la reivindicación 1, **caracterizado porque** en la etapa 3), la temperatura del gas de síntesis en la torre de lavado-enfriamiento se reduce a entre 40 y 45 °C.

30 6. Un sistema para enfriar y lavar gas de síntesis de biomasa, **caracterizado porque**

el sistema comprende una torre (2) de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua conectada a un gasificador (10) de biomasa por pirólisis a alta temperatura a través de un dispositivo (1) de conductos de enfriamiento por agua;

35 la torre (2) de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua está conectada a una caldera de calor residual, a una torre (5) de lavado-enfriamiento y a un precipitador (6) electrostático húmedo a través de una tubería de gas de síntesis, en el que la caldera de calor residual comprende una caldera (13) de calor residual de tubo de agua y una caldera (4) de calor residual de tubo de calor conectadas en serie, y
 una tubería de agua de la caldera (4) de calor residual de tubo de calor está conectada en serie con una tubería de agua del dispositivo (1) de conductos de enfriamiento por agua y con una tubería de agua de la torre (2) de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua para formar un sistema de circulación de agua.

7. El sistema de la reivindicación 6, **caracterizado porque**

el dispositivo (1) de conductos de enfriamiento por agua comprende: un conducto de enfriamiento por agua y los primeros tubos (1.7) de calentamiento;

45 el conducto de enfriamiento por agua está formado por un conducto (1.1) de enfriamiento por agua de entrada; un conducto (1.2) de enfriamiento por agua curvo superior; un conducto (1.3) de enfriamiento por agua recto; un conducto (1.4) de enfriamiento por agua curvo inferior; y un conducto (1.5) de enfriamiento por agua de salida conectados en serie y con conexión estanca;

50 los primeros tubos (1.7) de calentamiento están dispuestos circunferencialmente, y los primeros tubos (1.7) de calentamiento adyacentes están conectados sin interrupciones a través de las primeras tiras (1.8) de chapa de acero para formar una pared anular de enfriamiento por agua; y
 una cavidad de la pared anular de enfriamiento por agua forma los conductos de diferentes secciones.

8. El sistema de la reivindicación 7, **caracterizado porque**

el conducto (1.1) de enfriamiento por agua de entrada comprende un colector de entrada anular y una pared anular de enfriamiento por agua de entrada;

55 la pared de enfriamiento por agua anular de entrada está conectada al conducto (1.2) de enfriamiento por agua curvo superior;

el colector de entrada anular está provisto de un tubo de entrada del medio de enfriamiento para introducir un medio de enfriamiento y una pluralidad de adaptadores conectados a los primeros tubos (1.7) de calentamiento, respectivamente; y

5 una estructura del conducto (1.5) de enfriamiento por agua de salida es la misma que la del conducto (1.1) de enfriamiento por agua de entrada.

9. El sistema de la reivindicación 7, **caracterizado porque** una pared interior del conducto de enfriamiento por agua está provista de una primera capa (1.6) refractaria que tiene un espesor de entre 60 y 80 mm.

10. El sistema de la reivindicación 6, **caracterizado porque**

10 la torre (2) de enfriamiento rápido con enfriamiento por agua comprende un cilindro (2.1) de enfriamiento por agua estanco;

el cilindro (2.1) de enfriamiento por agua está rodeado por una pluralidad de segundos tubos (2.9) de calentamiento, y los segundos tubos (2.9) de calentamiento adyacentes están en conexión estanca;

15 los extremos inferiores de todos los segundos tubos (2.9) de calentamiento están conectados a un colector (2.7) de entrada para introducir el agua de enfriamiento; los extremos superiores de todos los segundos tubos (2.9) de calentamiento están conectados a un colector (2.3) de salida para la salida del agua de enfriamiento;

una primera junta (2.4) de entrada está dispuesta en una parte superior de una pared del cilindro (2.1) de enfriamiento por agua para introducir el gas de síntesis a tratar;

20 una primera junta (2.6) de salida está dispuesta en una parte inferior de la pared del cilindro (2.1) de enfriamiento por agua para la salida del gas de síntesis después del tratamiento; y

la parte inferior del cilindro (2.1) de enfriamiento por agua está en la forma de un cono invertido, y una parte inferior del cono invertido está provista de una salida (2.8) de escoria.

11. El sistema de la reivindicación 10, **caracterizado porque** una pluralidad de tubos (2.2) de pulverización de agua están dispuestos en una parte superior del cilindro (2.1) de enfriamiento por agua.

12. El sistema de la reivindicación 11, **caracterizado porque**

25 un sistema (12) de tubos de pulverización del tubo (2.2) de pulverización de agua comprende: un tanque (12.1) de compensación y una tobera (12.10) de atomización;

el tubo de pulverización de agua está dispuesto entre el tanque (12.1) de compensación y la tobera (12.10) de atomización;

30 una salida de agua del tanque (12.1) de compensación está conectada al tubo de pulverización de agua a través de una válvula (12.6) de salida de agua; una entrada de agua del tanque (12.1) de compensación está conectada a una válvula (12.2) de entrada de agua; y

el tanque (12.1) de compensación está provisto además de una entrada y de una salida de gas; la entrada de gas está conectada a una válvula (12.3) de entrada de gas; y la salida de gas está conectada a una válvula (12.4) de salida de gas (12.4).

35 13. El sistema de la reivindicación 6, **caracterizado porque**

la caldera (3) de calor residual de tubo de agua comprende: un primer tambor (3.7) y un cuerpo de la caldera dispuesto debajo del primer tambor (3.7), el cuerpo de la caldera está en una estructura horizontal; una segunda junta (3.12) de entrada y una segunda junta (3.13) de salida (3.13) están dispuestas en dos extremos horizontales del cuerpo de la caldera;

40 el cuerpo de la caldera comprende: una pared de la caldera y una pluralidad de terceros tubos (3.1) de calentamiento dispuestos longitudinalmente; los extremos superiores de todos los terceros tubos (3.1) de calentamiento están conectados a un colector (3.4) superior a través de un tubo (3.3) de conexión superior; los extremos inferiores de todos los terceros tubos (3.1) de calentamiento están conectados a un colector (3.6) inferior a través de un tubo (3.5) de conexión inferior;

45 el colector (3.4) superior está conectado al primer tambor (3.7) a través de un tubo (3.8) de salida de vapor para a recuperación de vapor; el colector (3.6) inferior está conectado a la parte inferior del primer tambor (3.7) a través de un tubo (3.9) de bajada para suministrar agua de enfriamiento; y

50 dos paredes laterales del cuerpo de la caldera son paneles (3.2) de tubo de pared de membrana; un extremo superior y un extremo inferior de cada panel (3.2) de tubo de pared de membrana están conectados al colector (3.4) superior y al colector (3.6) inferior, respectivamente.

14. El sistema de la reivindicación 6, **caracterizado porque**

la caldera (4) de calor residual de tubo de calor comprende: cuartos tubos (4.1) de calentamiento, un segundo tambor (4.2) y una pared (4.7) de aislamiento térmico;

55 los cuartos tubos (4.1) de calentamiento son tubos de calor; una sección de liberación de calor de cada tubo (4.1) de calentamiento se inserta en el segundo tambor (4.2), y una sección de absorción de calor de cada tubo (4.1) de calentamiento está dispuesto en la pared (4.7) de aislamiento térmico; y la pared (4.7) de aislamiento térmico está conectada a una tercera junta (4.5) de entrada y a una tercera junta (4.6) de salida mediante soldadura, y un extremo inferior de la pared (4.7) de aislamiento térmico está conectado a una tolva (4.4) de cenizas, mediante

soldadura.

15. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 6-14, **caracterizado porque** la torre (5) de lavado-enfriamiento es una torre de lavado-enfriamiento empaquetada.

5 16. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 6-14, **caracterizado porque** una salida de gas del precipitador (6) electrostático está conectada a un gasómetro (8) y a un quemador (9) mediante un ventilador.

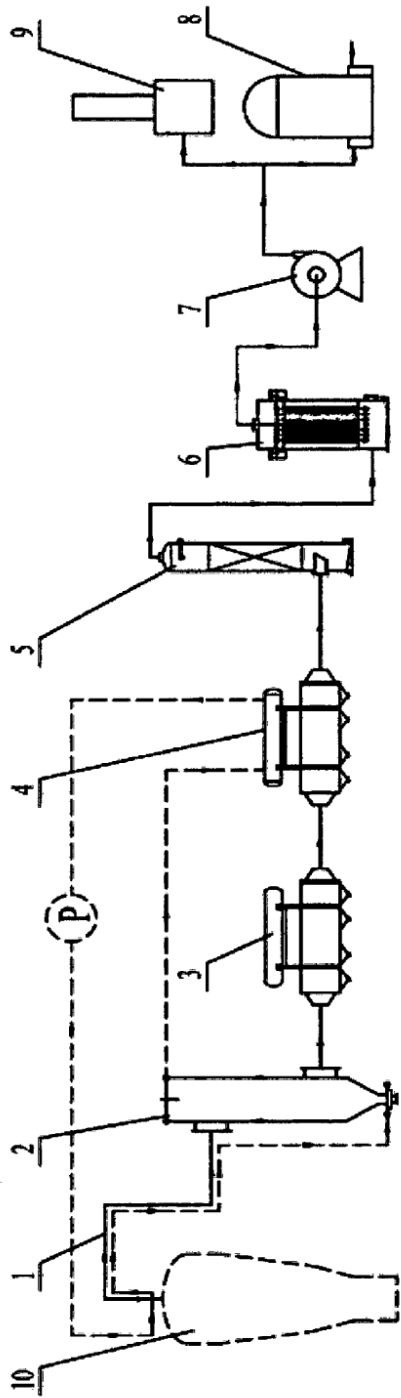


FIG. 1

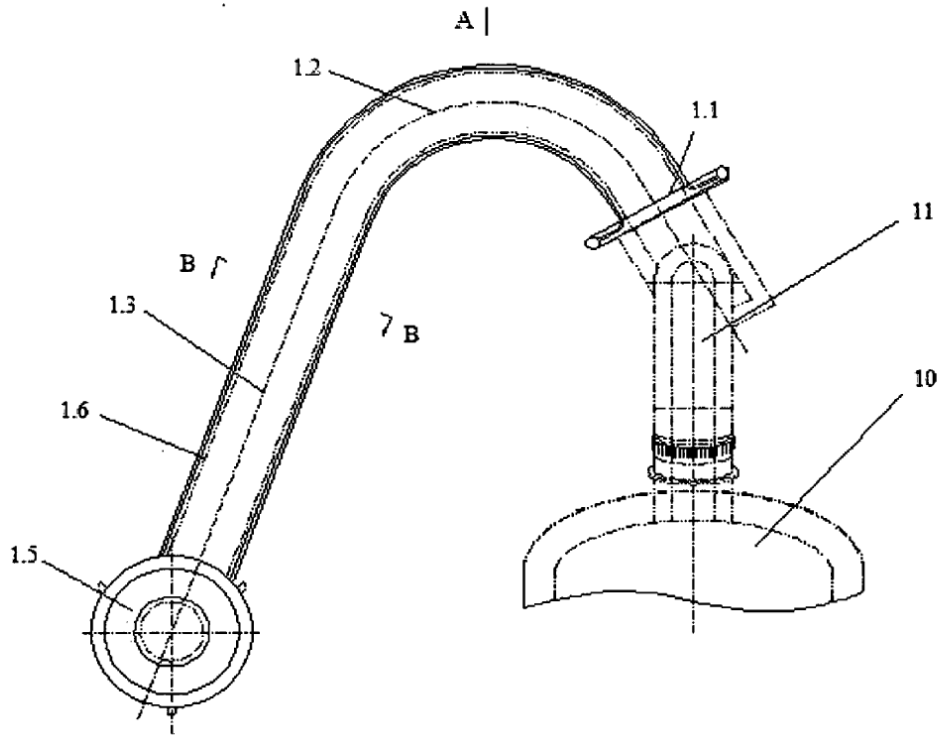


FIG. 2

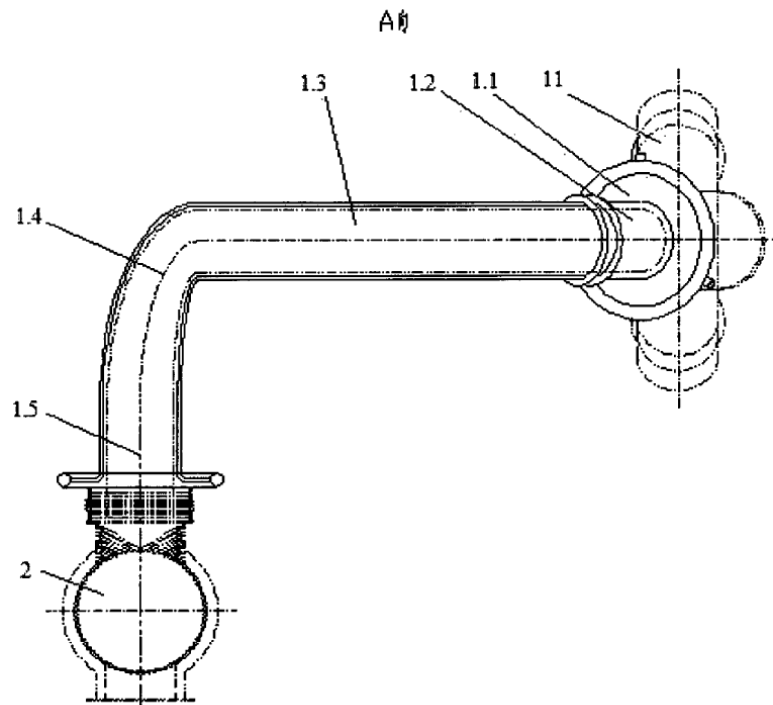


FIG. 3

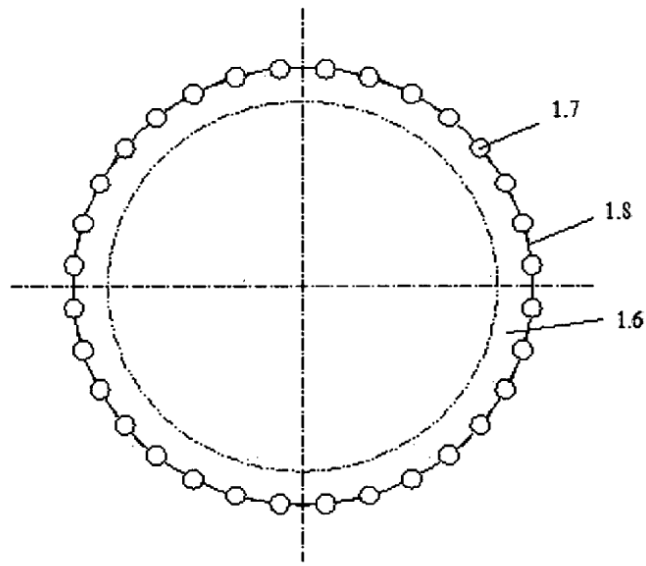


FIG. 4

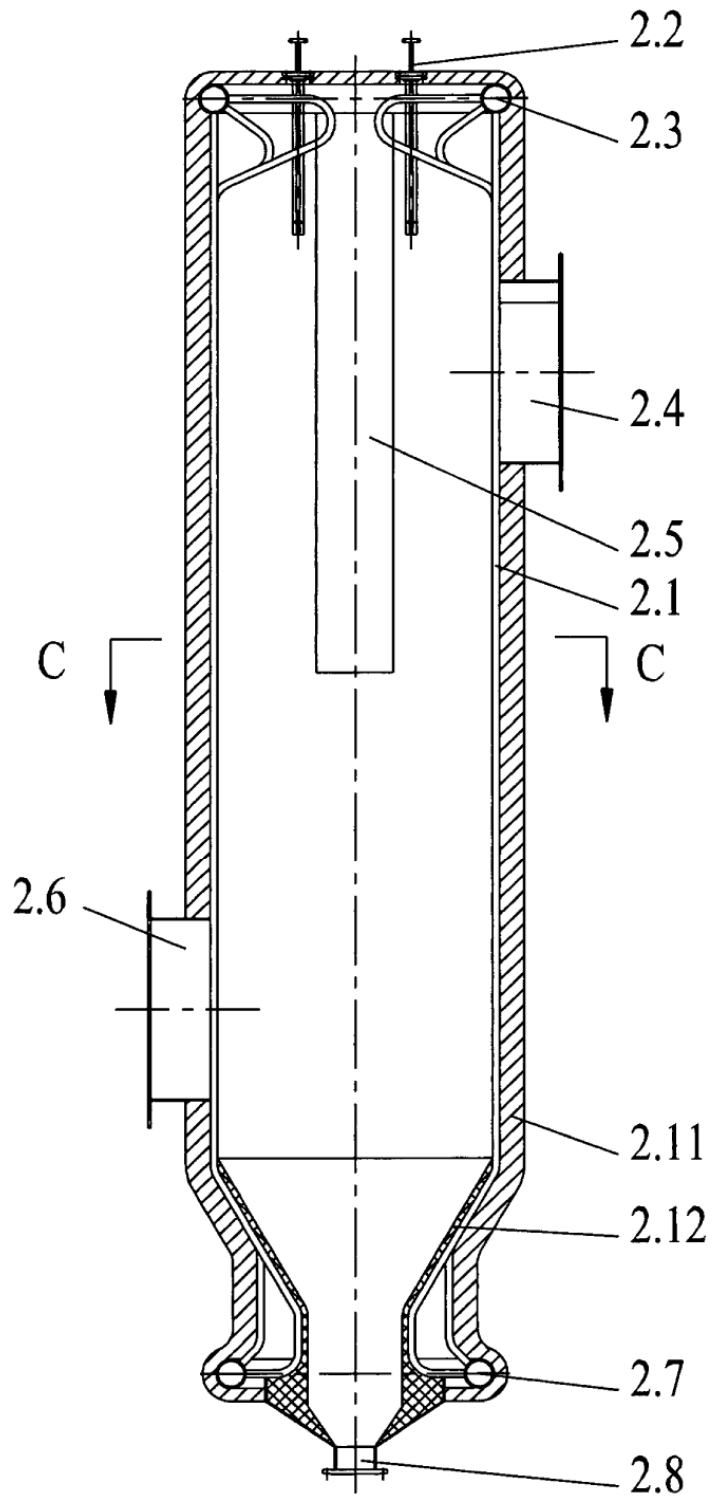


FIG. 5

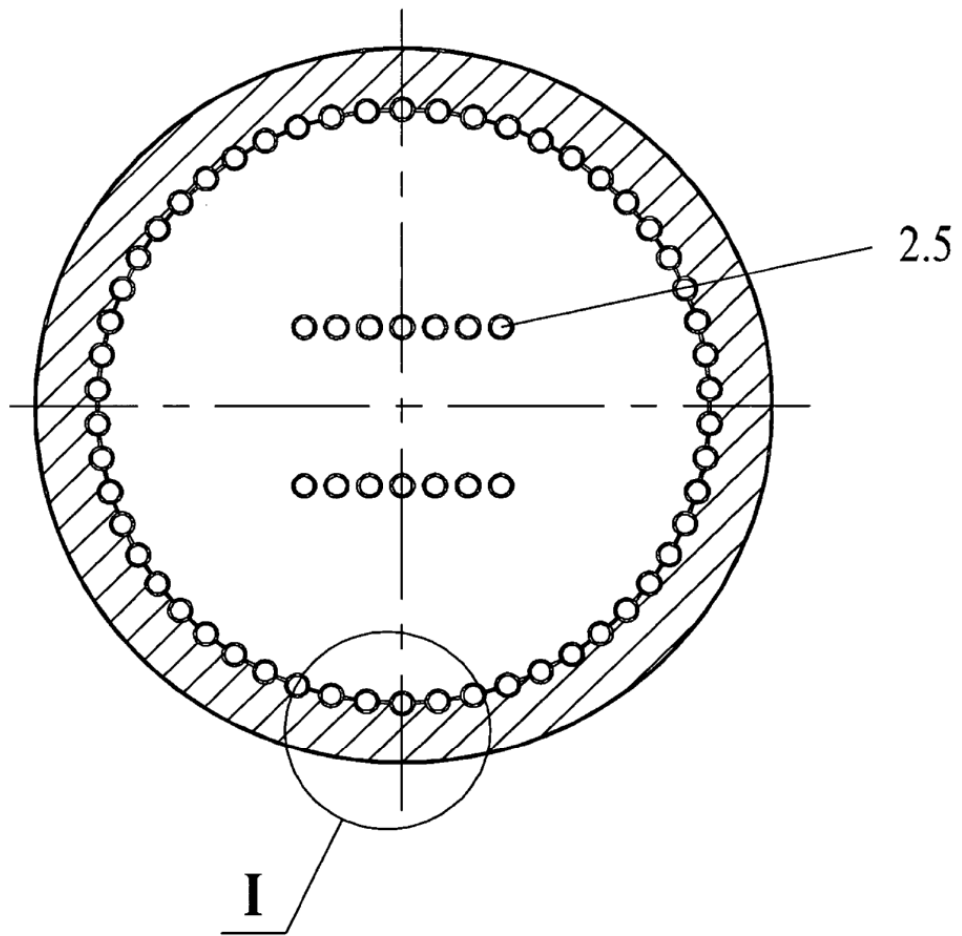


FIG. 6

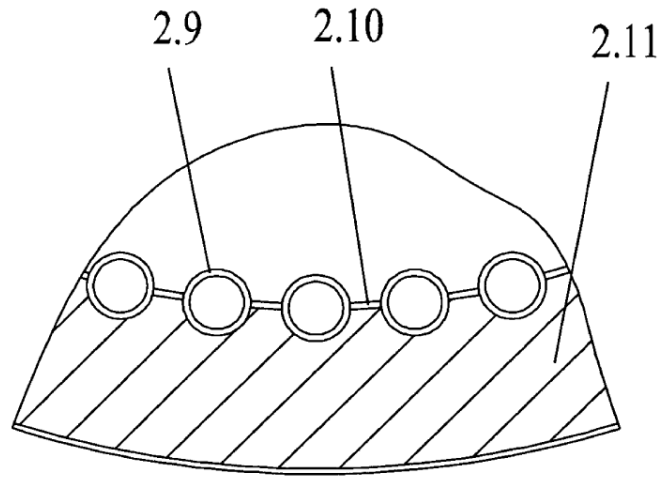


FIG. 7

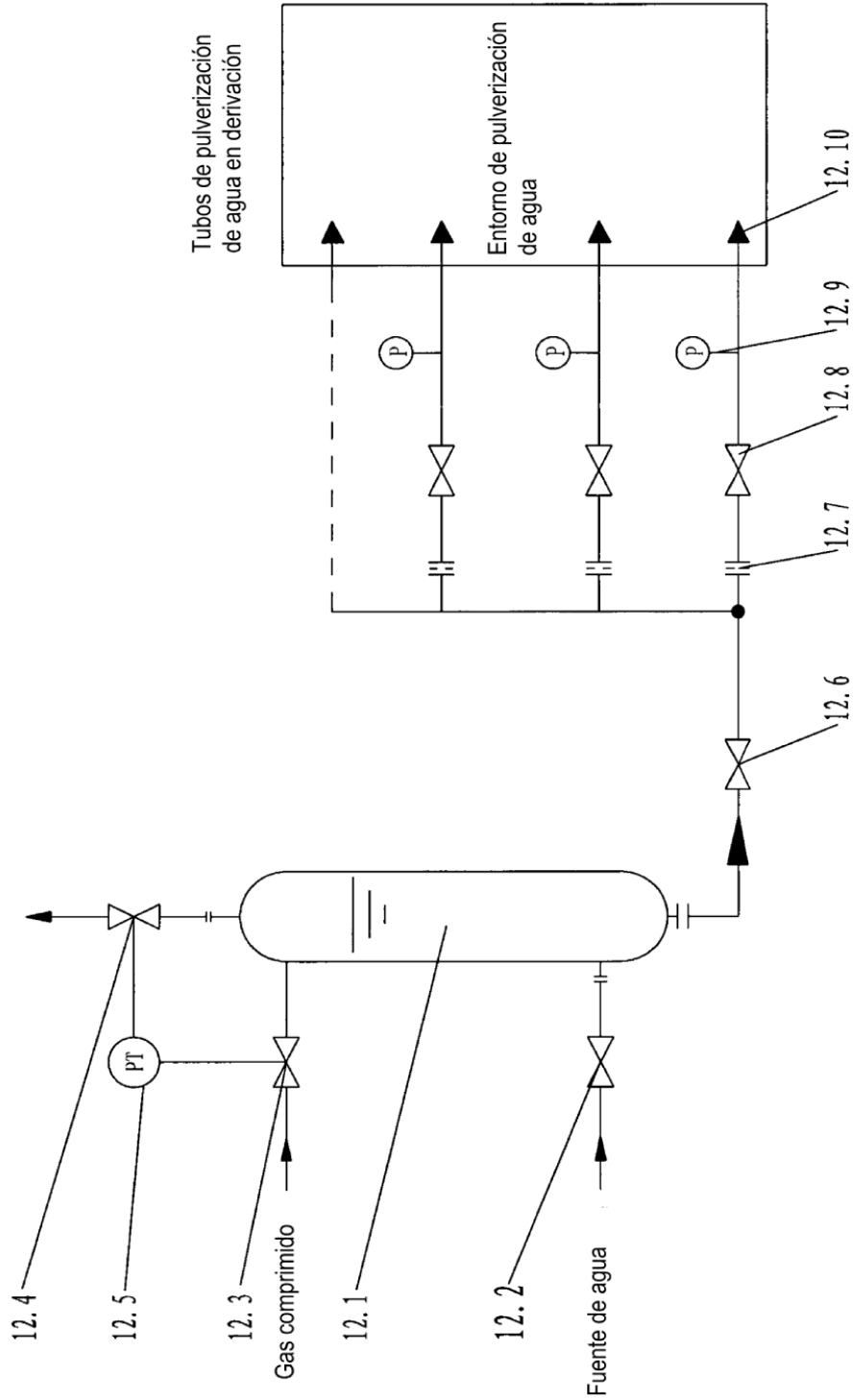


FIG. 8

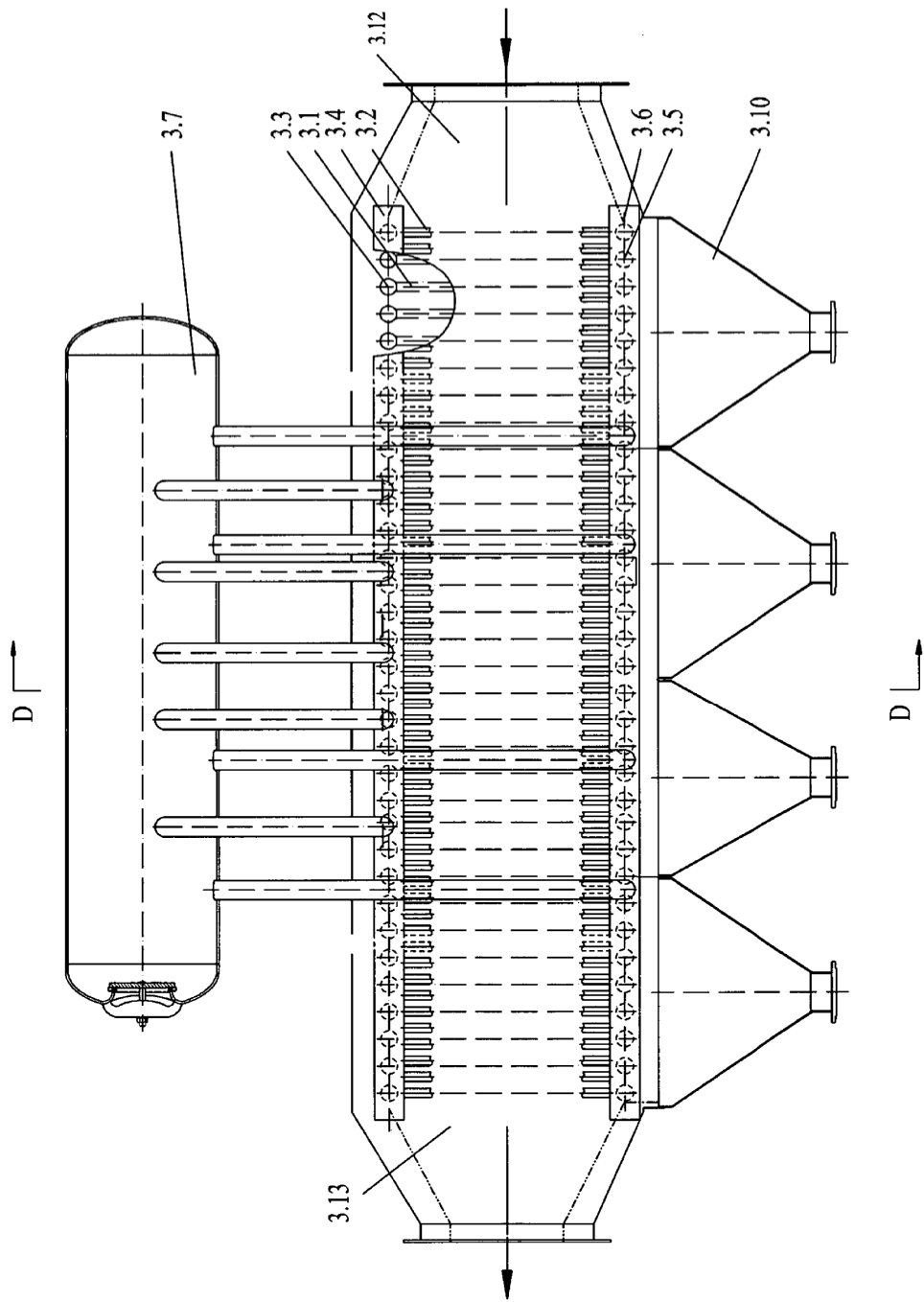


FIG. 9

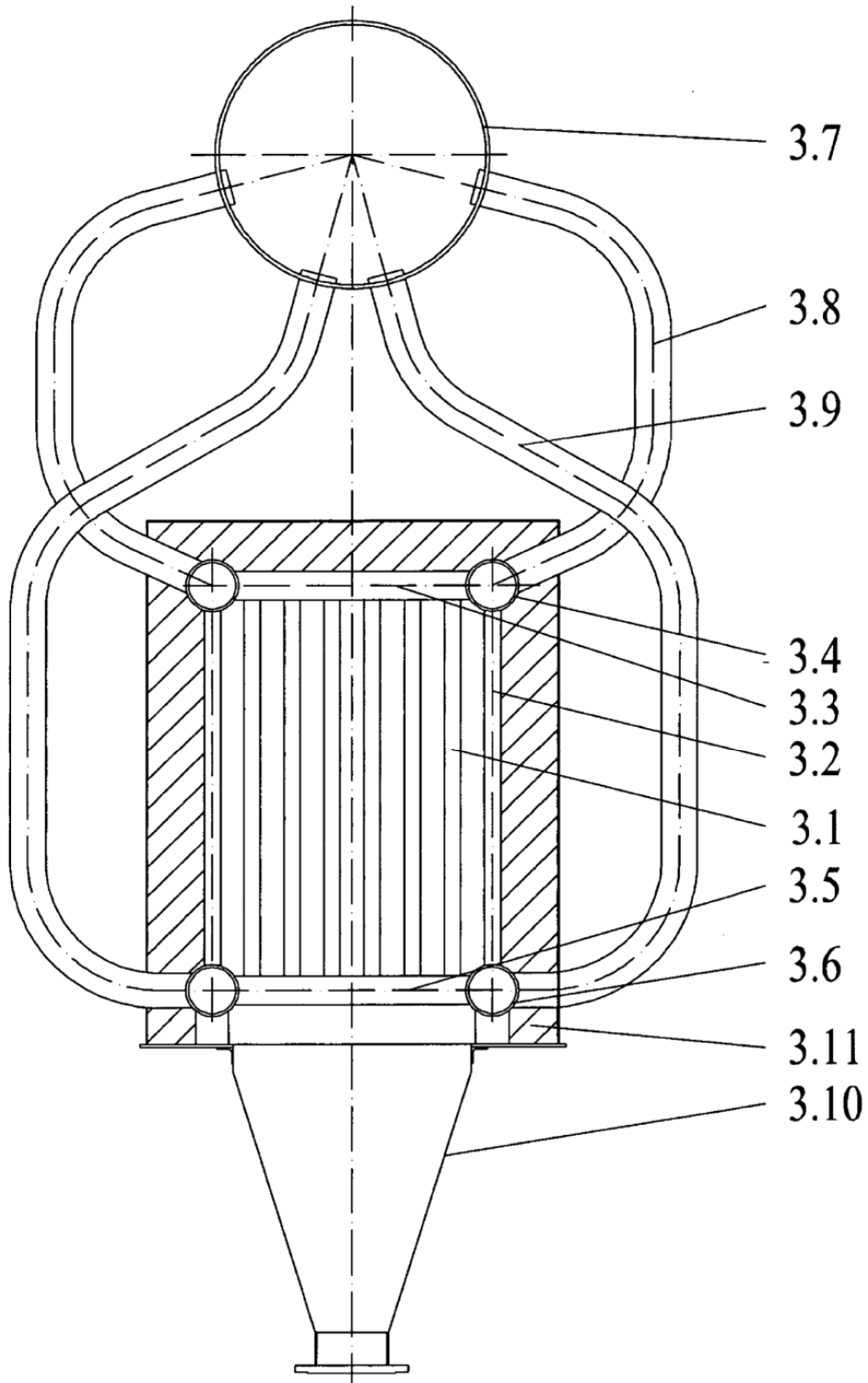


FIG. 10

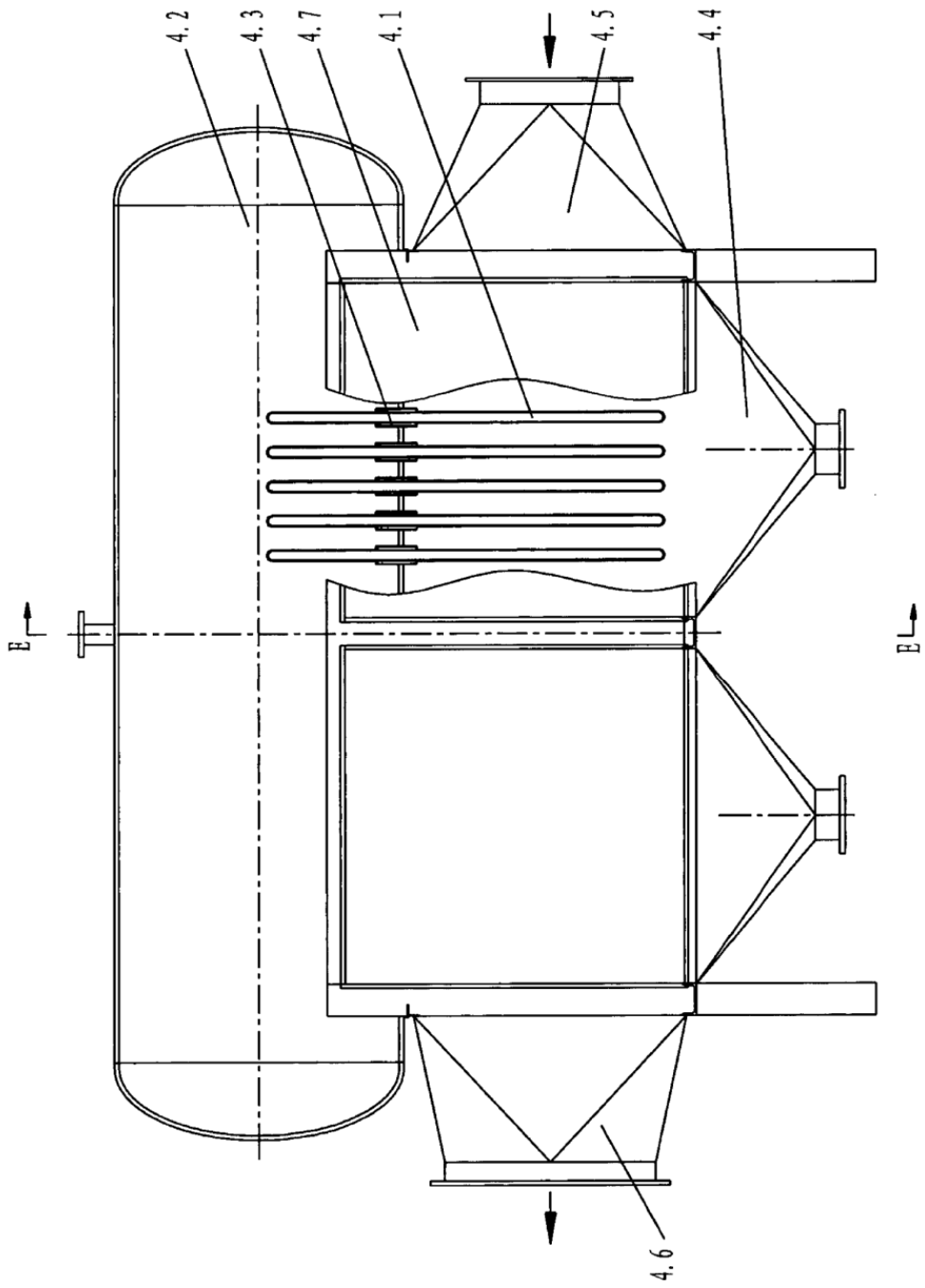


FIG. 11

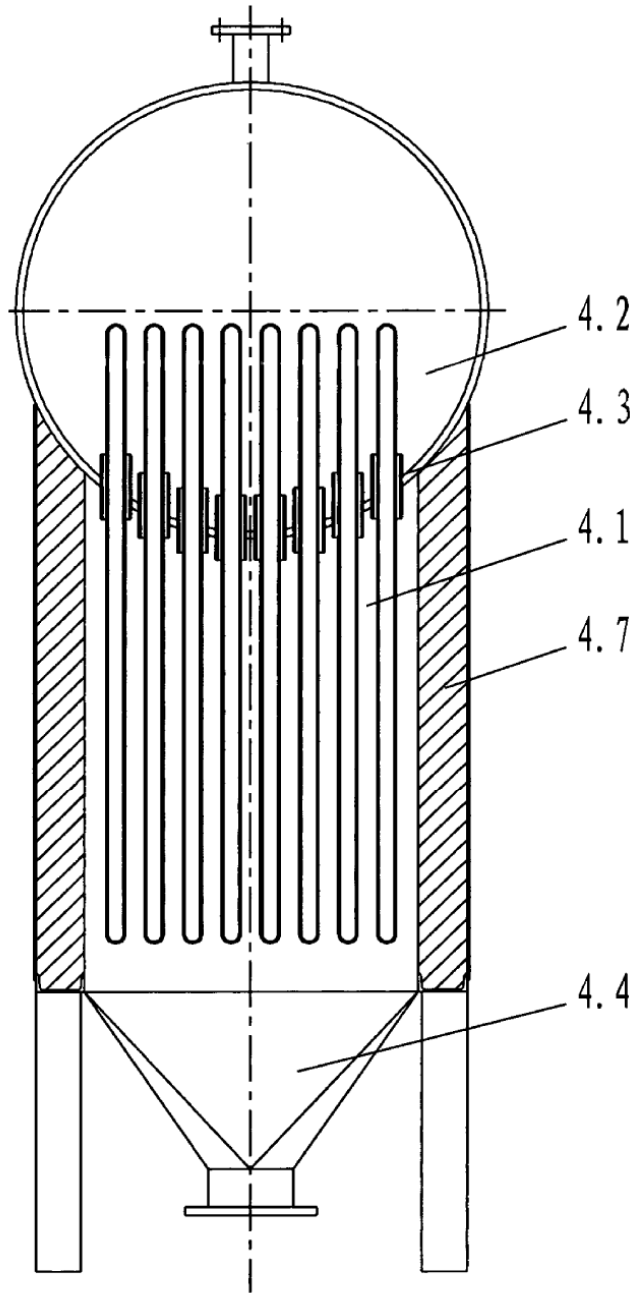


FIG. 12