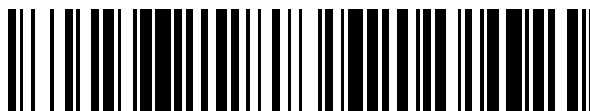


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 672**

51 Int. Cl.:

C01B 3/34 (2006.01)

C01B 3/38 (2006.01)

C01B 3/48 (2006.01)

F01K 23/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.08.2011 PCT/EP2011/004205**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.03.2012 WO12031683**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.08.2011 E 11755263 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2018 EP 2614033**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para generar vapor de proceso y vapor de agua de alimentación de la caldera en un reactor de reformado que puede calentarse para la producción de gas de síntesis**

30 Prioridad:
10.09.2010 DE 102010044939

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.04.2019

73 Titular/es:
**THYSSENKRUPP INDUSTRIAL SOLUTIONS AG
(100.0%)
ThyssenKrupp Allee 1
45143 Essen, DE**

72 Inventor/es:
**VON TROTHA, THILO y
HEINRICH, JAN**

74 Agente/Representante:
VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 708 672 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 y dispositivo para generar vapor de proceso y vapor de agua de alimentación de la caldera en un reactor de reformado que puede calentarse para la producción de gas de síntesis

5 La invención se refiere a un procedimiento para generar vapor de proceso y vapor de agua de alimentación de la caldera en un reactor de reformado que puede calentarse para la producción de gas de síntesis. Mediante el procedimiento de acuerdo con la invención puede aprovecharse el calor sensible de un gas de síntesis generado a partir de hidrocarburos y vapor de agua, de modo que se obtienen dos tipos de vapor, que se generan en cada caso al calentar y evaporar agua de alimentación de la caldera y condensado de proceso, y efectuando el procedimiento también una conversión del monóxido de carbono contenido en el gas de síntesis, y efectuando el procedimiento un calentamiento opcional del agua de alimentación de la caldera con el gas de humo del calentamiento del reactor de reformado. Mediante el procedimiento puede aprovecharse de manera más eficiente el calor sensible del gas de síntesis y del gas de humo procedente del calentamiento, evitándose las desventajas del calentamiento por gas de humo, provocadas por el aporte de calor oscilante en el canal de gas de humo. La invención se refiere a también una instalación, con la que puede realizarse este procedimiento.

20 Una posibilidad para la producción de gas de síntesis consiste en la reacción catalítica de hidrocarburos gaseosos o evaporados con vapor de agua en un reactor de reformado que puede calentarse, produciéndose el calentamiento mediante combustión de un gas de calentamiento con un gas que contiene oxígeno. El gas de síntesis tiene, una vez generado, una temperatura de aproximadamente 800 °C a aproximadamente 900 °C. El calor sensible del gas de síntesis obtenido puede aprovecharse, por tanto, para la generación de vapor. Durante el calentamiento se obtiene un gas de humo, que tiene igualmente un calor sensible que puede aprovecharse igualmente para la generación de vapor. El vapor puede aprovecharse a su vez para el accionamiento de módulos auxiliares o de una turbina de vapor.

25 Para la generación de vapor puede aprovecharse el condensado de proceso como agua de alimentación, que representa agua condensada que se forma durante el enfriamiento del gas de síntesis. Este condensado de proceso tiene, sin embargo, la desventaja de que las impurezas contenidas en el gas de síntesis pueden volver a encontrarse en el mismo. Estas sustancias tienen con frecuencia un efecto corrosivo no deseado, por lo que el vapor no puede aprovecharse sin limitaciones para cualquier fin. Este vapor se aprovecha por tanto, por regla general, como vapor de salida para la reacción de reformado.

30 La cantidad de vapor procedente del condensado de proceso por regla general tampoco basta para el funcionamiento de todos los módulos secundarios, para los cuales con frecuencia se requiere una cantidad constante de vapor. Para solucionar esto puede generarse vapor adicional, que se genera a partir de agua de alimentación de la caldera limpia. Este vapor no contiene impurezas, por lo que también cumple los estrictos requisitos impuestos en el funcionamiento de turbinas de vapor. Se obtienen por tanto dos tipos de vapor.

40 El funcionamiento de dos sistemas de vapor tiene grandes ventajas. El vapor procedente del condensado de proceso puede mezclarse así, por ejemplo, con vapor procedente del agua de la caldera, para poder proporcionar siempre una cantidad suficiente de vapor para la generación de gas de síntesis o para influir en la composición del vapor en función de los requisitos de pureza para la aplicación de partida o para el uso posterior.

45 El vapor procedente del agua de alimentación de la caldera no solo puede aprovecharse para el funcionamiento de módulos auxiliares o turbinas de vapor, también puede exportarse o aprovecharse como vapor de partida para la producción del gas de síntesis. El vapor procedente del agua de alimentación de la caldera puede generarse, por ejemplo, mediante calentamiento del agua de alimentación de la caldera con el gas de proceso, que representa gas de síntesis recién generado a alta temperatura. También el vapor procedente del condensado de proceso, que representa aguas condensada a partir del gas de síntesis, puede generarse mediante calentamiento del condensado de proceso con gas de síntesis. A este respecto se procede normalmente de tal modo que el agua de alimentación de la caldera o el condensado de proceso se calientan inicialmente en un precalentador, constituido como intercambiador de calor, y el agua calentada se evapora entonces en un generador de vapor. El generador de vapor puede construirse a modo de ejemplo como tambor de vapor, que se calienta con instalaciones de intercambio de calor, por las que pasan sustancias, mediante el gas de síntesis.

50 El documento WO 2010051900 A1 enseña un procedimiento y un dispositivo para el aprovechamiento del calor durante el reformado por vapor de sustancias de partida con contenido de hidrocarburo por medio de vapor, en el que en un reformador por vapor se genera un gas de síntesis, que contiene una cantidad de calor, que comprende al menos seis intercambiadores de calor, una unidad de tratamiento de agua, un tramo de enfriado, una unidad de conversión de alta temperatura, al menos dos unidades para el aumento de presión, al menos un consumidor y al menos una unidad para el procesamiento posterior del gas de síntesis resultante, pasando el gas de síntesis generado, que contiene la primera cantidad de calor, inicialmente por la unidad de conversión de alta temperatura, en la que se convierte en su mayor parte en dióxido de carbono e hidrógeno, y conduciéndose el gas de síntesis resultante que contiene calor a otra transferencia de calor en un primer intercambiador de calor y, a continuación, atravesando al menos otros dos intercambiadores de calor, que funcionan como calentadores de agua de alimentación de la caldera, intercambiadores de calor de condensado de producto o evaporadores de baja presión, y que están concatenados en

cualquier orden en serie, conduciéndose el gas de síntesis resultante del evaporador de baja presión inicialmente a otro calentador de agua de alimentación de la caldera, en el que se transfiere energía calorífica a un subflujo del agua de alimentación de la caldera procedente de la unidad de tratamiento de agua, tras lo cual el gas de síntesis resultante pasa por el tramo de enfriamiento, en el que se enfría adicionalmente el gas de síntesis y se genera un flujo de condensado, y el gas de síntesis resultante se conduce finalmente por al menos una unidad para su procesamiento posterior. El procedimiento no enseña ninguna posibilidad para aprovechar el calor del gas de síntesis por delante de la unidad de conversión de alta temperatura.

Para la producción del vapor a partir de condensado de proceso también puede usarse el calor sensible del gas de humo. El documento US 2009242841 A1 enseña un procedimiento para generar gas de síntesis, generándose el gas de síntesis mediante reformado por vapor en un reactor de reformado, con un flujo de aire de combustión, una zona de convección y un flujo de gas de humo, y comprendiendo el procedimiento la etapa de procedimiento de hacer pasar el aire de combustión por un sistema de intercambio de calor previo en la zona de convección, para calentar el aire de combustión en intercambio de calor indirecto con el gas de humo, ascendiendo la temperatura del aire de combustión precalentado a entre aproximadamente 93 °C (200 °F) y 204 °C (400 °F). En una forma de realización del procedimiento se calienta agua de alimentación de la caldera condicionando y calentado esta o bien sucesivamente o bien en paralelo con el aire de combustión que ha de calentarse por la fase de enfriamiento para el gas de síntesis y por la zona de convección para el aire de combustión, que se calienta mediante el flujo de gas de humo.

Para el calentamiento del agua de alimentación de la caldera o del condensado de proceso mediante el gas de humo debe efectuarse en caso de carga parcial, por regla general con un flujo volumétrico constante de condensado de proceso o agua de alimentación de la caldera, una adaptación del aporte de calor en el canal de gas de humo, para garantizar una evaporación del agua. Esto significa que tiene que proporcionarse al menos temporalmente, por ejemplo mediante quemadores auxiliares, un aporte de calor adicional. Esto lleva asociados mayores costes operativos.

Puesto que el sistema dos vapores tiene, sin embargo, las ventajas mencionadas, se buscan posibilidades para mejorarlo adicionalmente. Un punto de partida para mejorar la eficiencia del proceso de dos vapores es saltarse el intercambiador de calor en el canal de gas de humo durante el tiempo en el que ha disponible un aporte de calor insuficiente en el canal de gas de humo. De este modo resulta superfluo el funcionamiento de quemadores adicionales para calentar el canal de gas de humo.

Es posible calentar el condensado de proceso mediante el calor residual del canal de gas de humo. Puesto que el condensado de proceso no se enfría, sin embargo, por regla general hasta las temperaturas del agua de alimentación de la caldera fría, este se atempera por encima del agua de alimentación de la caldera fría. Debido a la reducida diferencia de temperatura respecto al gas de humo se necesitan para el intercambiador de calor del condensado de proceso en el canal de gas de humo según la ley del enfriamiento de Newton, por tanto, mayores superficies de intercambiador de calor. Puesto que la diferencia de temperatura del condensado de proceso respecto al gas de síntesis caliente es mayor, en el conducto de gas de proceso por detrás del reactor de reformado se necesitan superficies de intercambiador de calor notablemente inferiores que en el canal de gas de humo. Puesto que, además, la reacción de desplazamiento agua-gas se desarrolla a temperaturas notablemente más bajas que la generación de gas de síntesis, el calor de la generación de gas de síntesis puede utilizarse mejor inmediatamente después de salir del reactor de reformado para el condensado de proceso, ya que aquí reina una temperatura esencialmente superior a por detrás de la unidad de conversión. Superficies de intercambio de calor más pequeñas dan lugar, a su vez, a una mejor rentabilidad del procedimiento.

Existe por lo tanto el objetivo de poner a disposición un procedimiento que aproveche el calor del gas de síntesis por delante de la conversión del monóxido de carbono para evaporar el condensado de proceso. El procedimiento permitirá además reducir la dependencia del aporte de calor oscilante en el canal de gas de humo. Mediante estas medidas se aprovecharán adicionalmente las ventajas del sistema de dos vapores y se mejorará la rentabilidad de la generación de vapor en reactores de reformado.

La invención consigue este objetivo mediante un procedimiento que utiliza un generador de vapor adicional, que se encuentra por delante de la unidad de conversión para el monóxido de carbono, para la generación de vapor a partir de condensado de proceso. Puesto que ya se utiliza la generación de vapor a partir de agua de alimentación de la caldera por delante de la unidad de conversión, la generación adicional de vapor a partir de condensado de proceso es apropiada en este punto. Con ello puede sustituirse una generación permanente de vapor a partir de condensado de proceso por el canal de gas de humo.

Hasta ahora, durante el enfriamiento del gas de proceso desde la salida del reformador hasta la temperatura de entrada a la reacción de desplazamiento de agua, normalmente se evapora agua de alimentación de la caldera. Otros ejemplos muestran que una parte del calor también se aprovecha para precalentar sustancias de partida. Así puede aprovecharse, por ejemplo, el gas natural o la mezcla de partida para la reacción de reformado. En la presente invención se evapora ahora adicionalmente condensado de proceso entre la salida del reformador y la entrada a la reacción de desplazamiento agua-gas. De este modo se consigue, ventajosamente, evaporar condensado de proceso mediante gas de proceso. Con ello puede omitirse total o parcialmente la evaporación del condensado de proceso en

el canal de gas de humo. Puesto que la diferencia de temperatura del condensado de proceso respecto al gas de síntesis caliente por delante de la conversión de CO es relativamente alta, se necesitan para ello superficies de intercambio de calor notablemente más pequeñas que en el canal de gas de humo. Esto tiene como consecuencia, a su vez, una rentabilidad mejorada del proceso.

5 Antes del calentamiento del condensado de proceso en el canal de gas de humo se efectúa ventajosamente un calentamiento del agua de alimentación de la caldera, ya que esta está más fría y, debido a las superficies de intercambio de calor más pequeñas, se requiere menos superficie de contacto con el corrosivo gas de síntesis. Esto da lugar, a su vez, igualmente a una rentabilidad mejorada del proceso.

10 En función del grado de utilización de la instalación, el canal de gas de humo puede utilizarse para generar vapor a partir de agua de alimentación de la caldera. A este respecto es posible saltarse la transferencia de calor desde el gas de humo. Para ello se saltan los serpentines, en los que el agua de alimentación de la caldera fluye por el canal de gas de humo, durante el tiempo en el que no haya disponible un aporte de calor suficiente en el canal de gas de humo. De este modo, el intercambiador de calor en el canal de gas de humo puede configurarse también más económico, ya que se necesitan superficies de intercambio de calor más pequeñas, cuando las diferencias de temperatura en el canal de gas de humo ya no posibilitan un calentamiento rentable. Con este modo de proceder puede calentarse también una parte del agua de alimentación de la caldera o agua de alimentación de la caldera adicional en el canal de gas de humo. Mediante el uso de agua de alimentación de la caldera fría es posible, debido a la mayor diferencia de temperatura respecto al gas de humo, un mejor intercambio de calor.

Se reivindica, en particular, un procedimiento para generar vapor de proceso y vapor de agua de alimentación de la caldera en un reactor de reformado que puede calentarse para la producción de gas de síntesis, en donde

- 25 • el procedimiento proporciona gas de síntesis mediante reformado por vapor a partir de hidrocarburos y vapor, que se calienta mediante combustión de un gas de calentamiento con un gas que contiene oxígeno, y el gas de síntesis generado se condensa, después del enfriamiento a través de una serie de intercambiadores de calor y un tramo de enfriamiento, de modo que se obtiene, además del gas de síntesis seco, un condensado de proceso, y
- 30 • el procedimiento también efectúa una conversión de al menos una parte del monóxido de carbono generado con vapor de agua dando lugar a dióxido de carbono e hidrógeno, y
- el vapor se proporciona en dos tipos diferentes, que se generan a partir de la evaporación de agua de alimentación de la caldera y la evaporación de condensado de proceso, y
- 35 • el agua de alimentación de la caldera se calienta a través de un precalentador, que se encuentra en el flujo de gas por detrás de la unidad de conversión, con el gas de síntesis, y el agua de alimentación de la caldera se evapora entonces a través de un generador de vapor, que se encuentra en el flujo de gas por delante de la unidad de conversión, y
- 40 • el condensado de proceso se calienta mediante un intercambiador de calor y un precalentador, que se encuentran en el flujo de gas por detrás de la unidad de conversión,

y que está caracterizado por que

- 45 • el condensado de proceso se evapora mediante un generador de vapor adicional, que se encuentra por delante de la unidad de conversión.

50 Para poder aprovechar también el gas de humo para calentar agua de alimentación de la caldera, el conducto para el agua de alimentación de la caldera líquida puede pasar por el canal de gas de humo, calentándose el agua de alimentación de la caldera de forma permanente o temporal a través de un intercambiador de calor adicional con el gas de humo. Para ello, en la alimentación para el agua de alimentación de la caldera al intercambiador de calor del canal de gas de humo se encuentran desvíos de tubería a través de los cuales puede saltarse el intercambiador de calor. Esto se produce, por ejemplo, en caso de aporte de calor insuficiente en el canal de gas de humo.

55 Puesto que la rentabilidad del proceso depende, sobre todo, de la adaptación de la potencia de generación de vapor a la demanda de vapor, puede regularse la generación de vapor de todos los generadores de vapor en el sistema en una forma de realización ventajosa del procedimiento. Esto puede producirse a modo de ejemplo regulando la potencia de generación de vapor a partir de agua de alimentación de la caldera mediante una regulación de temperatura del generador de vapor para agua de alimentación de la caldera. Sin embargo, esto también puede producirse mediante regulación de la circulación de calor en el generador de vapor mediante válvulas o bombas.

65 También puede regularse la potencia de generación de vapor a partir de condensado de proceso en una forma de realización ventajosa del procedimiento. Esto puede producirse igualmente regulando la potencia de generación de vapor a partir de condensado de proceso mediante una regulación de temperatura del generador de vapor para condensado de proceso. Sin embargo, esto también puede producirse mediante regulación de la circulación de calor

en el generador de vapor mediante válvulas o bombas. En principio, una regulación de la generación de vapor a partir de condensado de proceso es, sin embargo, difícil de efectuar, ya que la cantidad disponible de condensado de proceso está acoplada a la producción de gas de síntesis.

5 En otra forma de realización del procedimiento de acuerdo con la invención también es posible que tanto la potencia de generación de vapor a partir de agua de alimentación de la caldera como la potencia de generación de vapor a partir de condensado de proceso se regulen mediante una regulación de temperatura de los generadores de vapor. Evidentemente pueden combinarse o entremezclarse entre sí ambos tipos de vapor en función de los requisitos.

10 Los dos generadores de vapor para el agua de alimentación de la caldera y el condensado de proceso en el flujo de gas de síntesis por detrás del reactor de reformado pueden estar equipados con tuberías de derivación (*bypass*), que permiten una regulación del flujo de gas de síntesis por el generador de vapor. También es posible, por delante o directamente por detrás de la conversión de CO, prever aún intercambiadores de calor para la mezcla de partida que contiene hidrocarburos que ha de calentarse para el reactor de reformado.

15 El procedimiento puede estar configurado, además, de modo que el generador de vapor para condensado de proceso por delante de la conversión de CO sea un rehervidor de caldera (*kettle reboiler* o calderín). También puede estar configurado de modo que el intercambiador de calor para condensado de proceso por detrás de la reacción de desplazamiento agua-gas sea un rehervidor de caldera. De este modo puede regularse el gas de síntesis en temperatura. También es posible conducir el flujo de gas de síntesis por delante y por detrás de la conversión de CO por un rehervidor de caldera individual con serpentines que pasan por los mismos. De este modo puede configurarse la disposición de la evaporación de condensado de proceso ahorrando espacio. El uso de los rehervidores de caldera individuales y su duración temporal quedan a este respecto en manos del experto en la técnica que lo ponga en práctica. Con ello puede realizarse una regulación de temperatura para el flujo de gas de síntesis, que es independiente de la producción de gas de humo y gas de síntesis. Se considera gas de síntesis evidentemente también un gas con un gran contenido en hidrógeno, en función del grado de conversión de CO.

20 Se reivindica también un dispositivo, con el que puede realizarse el procedimiento mencionado. Se reivindica, en particular, un dispositivo para generar vapor de proceso y vapor de agua de alimentación de la caldera en un reactor de reformado que puede calentarse para la producción de gas de síntesis, que comprende

- un reactor de reformado que puede calentarse para la producción de gas de síntesis a partir de hidrocarburos y vapor de agua,
- 35 • una unidad de conversión para la conversión de monóxido de carbono con vapor de agua dando lugar a dióxido de carbono,
- un tramo de enfriamiento para la condensación de agua de proceso,
- 40 • dos precalentadores para calentar el agua de alimentación de la caldera y el condensado de proceso con gas de síntesis,
- un intercambiador de calor adicional para calentar el condensado de proceso con gas de síntesis, que se coloca, en la dirección de flujo de gas del gas de síntesis, directamente por detrás de la unidad de conversión,
- 45 • un generador de vapor, que se coloca, en la dirección de flujo de gas del gas de síntesis, por delante de la unidad de conversión, sirviendo este para generar vapor a partir de agua de alimentación de la caldera,

50 y que está caracterizado por que

- el dispositivo incluye un generador de vapor, que se coloca, en la dirección de flujo de gas del gas de síntesis, por delante de la unidad de conversión, sirviendo este para generar vapor a partir de condensado de proceso.

55 El dispositivo puede comprender un intercambiador de calor adicional para calentar agua de alimentación de la caldera en el canal de gas de humo. De este modo puede aprovecharse el canal de gas de humo también para calentar agua de alimentación de la caldera. Este es bloqueable en una forma de realización de la invención, de modo que el agua de alimentación de la caldera fluya, directamente y sin seguir pasando por el canal de gas de humo, al generador de vapor previsto para ello. De esta manera puede saltarse el intercambiador de calor en el canal de gas de humo, de modo que no se pase por el mismo. El agua de alimentación de la caldera fluye entonces directamente al generador de vapor previsto para ello.

60 Los generadores de vapor pueden tener una forma de realización habitual en el estado de la técnica. Pueden estar constituidos, en una forma de realización a modo de ejemplo, como tambor de vapor que se calienta a través de instalaciones de intercambio de calor con el gas. El generador de vapor puede realizarse como caldera de vapor normal con circulación natural, así como con unidades de convección, bombas o rehervidores (*reboiler*). En una forma de realización de la invención, el conducto de gas de síntesis está equipado con una tubería bloqueable,

que permite una evitar de manera regulable el generador de vapor para el agua de alimentación de la caldera en la dirección de flujo de gas por delante de la conversión de CO (tubería de derivación (*bypass*)). De este modo puede regularse el porcentaje de gas de síntesis que fluye por el intercambiador de calor para el agua de alimentación de la caldera. En otra forma de realización de la invención, el conducto de gas de síntesis está equipado con una tubería

5 bloqueable, que permite evitar de manera regulable el generador de vapor para el condensado de proceso en la dirección de flujo de gas por delante de la conversión de CO. De este modo puede regularse también el porcentaje de gas de síntesis que fluye por el intercambiador de calor para el condensado de proceso. También pueden estar instalados ambos conductos de derivación y utilizarse ambos conductos.

10 Los generadores de vapor para agua de alimentación de la caldera y condensado de proceso pueden ser intercambiables, aunque el generador de vapor para agua de alimentación de la caldera se encuentra, en una forma de realización preferida, directamente por detrás del reactor de reformado.

15 En una forma de realización de la invención, el generador de vapor en el conducto de gas de síntesis por delante de la conversión de CO es un rehervidor de caldera. En otra forma de realización, el intercambiador de calor en el conducto de gas de síntesis por detrás de la conversión de CO es un rehervidor de caldera. Sin embargo, el conducto de gas de síntesis también puede incluir rehervidores de caldera tanto por delante como por detrás de la conversión de CO. También es posible usar un rehervidor de caldera, cuyas instalaciones de intercambio de calor conducen el gas de síntesis procedente del flujo de gas tanto por delante de la conversión de CO como por detrás de la conversión

20 de CO. Tal rehervidor de caldera efectúa un calentamiento simultáneo del gas de síntesis por delante y por detrás de la conversión de CO. En tal caso, el tambor de vapor para el condensado de proceso puede omitirse a modo de ejemplo. Los rehervidores de caldera pueden estar presentes en las disposiciones mencionadas también varias veces. El o los rehervidores de caldera o rehervidores pueden estar presentes tanto una vez como varias veces. Se conocen rehervidores de caldera en el estado de la técnica y se encuentran entre las formas de realización actuales de hervidores o rehervidores.

25

En otra posible forma de realización de la invención pueden regularse en temperatura ambos generadores de vapor para generar vapor a partir de agua de alimentación de la caldera y condensado de proceso. Esto puede efectuarse mediante cualquier dispositivo. La instalación comprende normalmente también precalentadores para el agua de

30 alimentación de la caldera y el condensado de proceso. Estos están constituidos normalmente como intercambiadores de calor y pueden estar igualmente presentes en cualquier número y orden.

En otra forma de realización, entre los precalentadores para el agua de alimentación de la caldera y el condensado de proceso con el gas de síntesis se encuentra una unidad para la conversión de CO a baja temperatura mediante

35 reacción de desplazamiento agua-gas, para poder aprovechar también el calor de reacción de esta conversión de CO.

El dispositivo de acuerdo con la invención puede incluir, además, en cualquier punto piezas que son necesarias para el funcionamiento normal de un reactor de reformado por vapor. Se trata, a modo de ejemplo, de calentadores, termostatos, enfriadores, compresores, reductores de presión, dispositivos de descarga o bombas. El experto en la

40 técnica los conoce para la fabricación de tales instalaciones.

La invención tiene la ventaja de aprovechar el calor sensible de un gas de síntesis también por delante de una unidad de conversión de alta temperatura para monóxido de carbono de un reactor de reformado por vapor. La invención tiene, además, la ventaja de, conservando el sistema de dos vapores, tanto proporcionar vapor a partir de agua de

45 alimentación de la caldera, que se calienta tanto por gas de síntesis como por gas de humo procedente del calentamiento, como de generarlo a partir de condensado de proceso, sin que tenga que efectuarse una adaptación del aporte de calor en el canal de gas de humo. De este modo se es independiente del consumidor de vapor en relación con la cantidad de vapor consumida.

50 La invención se representa con ayuda de tres dibujos. La figura 1 representa una instalación con flujo de proceso del estado de la técnica. La figura 2 muestra una instalación de acuerdo con la invención con flujo de proceso que representa solo una forma de realización a modo de ejemplo, a la que se limita la invención. La figura 3 muestra la misma forma de realización, en la que el generador de vapor y el intercambiador de calor para el condensado de proceso se han reemplazado por un rehervidor de caldera.

55

La figura 1 muestra un dispositivo del estado de la técnica, que incluye un reactor de reformado (1) para el reformado por vapor de hidrocarburos. Este funciona con un hidrocarburo (2) y vapor de agua (3) para el reformado. El calentamiento se efectúa con un gas de calentamiento (4) y un gas que contiene oxígeno (5). El gas de síntesis (6) obtenido tiene una temperatura de aproximadamente 800 °C a 900 °C y pasa para su enfriamiento a través de un intercambiador de calor (7), que calienta un generador de vapor (7a) para agua de alimentación de la caldera (8). El generador de vapor (7) para agua de alimentación de la caldera (8) está constituido, en esta forma de realización, como tambor de vapor (7b). El gas de síntesis (6) fluye entonces a una unidad de conversión de alta temperatura (9), en la que el monóxido de carbono (CO) contenido en el mismo reacciona con vapor de agua (H₂O, 9a) transformándose en dióxido de carbono (CO₂) e hidrógeno. El gas de síntesis (6) convertido fluye entonces a otro intercambiador de calor (10), que calienta un generador de vapor (10a) para condensado de proceso (11). Este está constituido, en esta

60 forma de realización, igualmente como tambor de vapor (10b). El condensado de proceso (11) procede del tramo de

65

enfriamiento (12) para el gas de síntesis (6a). El gas de síntesis (6a) enfriado tras atravesar los intercambiadores de calor (7,10) para los generadores de vapor fluye por otros dos intercambiadores de calor a modo de precalentadores (13,14), que sirven para precalentar el agua de alimentación de la caldera (8) y el condensado de proceso (11). Tras pasar por estos intercambiadores de calor (13,14), el gas de síntesis (6) llega a un tramo de enfriamiento (12), en el que el gas de síntesis (6a) se enfría o baja de temperatura, de modo que el agua (11a) contenida en el mismo se condensa. El agua (11a) condensada se usa posteriormente como condensado de proceso (11). Se obtiene en la salida el gas de síntesis (6b) enfriado y secado. El condensado de proceso (11) es conducido a través de un intercambiador de calor (15) por el canal de gas de humo (16), de modo que este se calienta adicionalmente. El tambor de vapor (11a) para el condensado de proceso (11) se calienta igualmente a través de un intercambiador de calor (18) por el gas de humo (17). Se obtiene vapor a partir de agua de alimentación de la caldera (8a) y condensado de proceso (11b).

La figura 2 muestra un dispositivo de acuerdo con la invención, que incluye igualmente un reactor de reformado (1) que produce gas de síntesis (6) y lo conduce a una unidad de conversión de alta temperatura (9). El calor del gas de síntesis (6) producido es también aprovechado aquí por delante de la unidad de conversión de alta temperatura (9) para calentar un generador de vapor (7a) a través de un intercambiador de calor (7) para agua de alimentación de la caldera (8). De acuerdo con la invención se aprovecha el calor del gas de síntesis (6) por delante de la unidad de conversión de alta temperatura (9) adicionalmente para calentar con el intercambiador de calor (19) un generador de vapor (10a) para el condensado de proceso (11). El gas de síntesis, tras pasar por la unidad de conversión de alta temperatura (9), pasa por otro intercambiador de calor (10) para calentar el generador de vapor del condensado de proceso (11) y por otros dos precalentadores (13,14), que sirven para precalentar el agua de alimentación de la calderas (11) y el condensado de proceso (8). El condensado de proceso (8) puede aprovecharse por otro intercambiador de calor (20) en el canal de gas de humo (16) para calentar mediante el gas de humo (17) el agua de alimentación de la caldera (1). Este intercambiador de calor (20) puede bloquearse mediante válvulas (21a,21b) y puede saltarse mediante una válvula de derivación (*bypass*) (22), de modo que el intercambiador de calor (20) puede utilizarse en función de la demanda de vapor producido y del grado de utilización del reactor de reformado (1). Los intercambiadores de calor para calentar y evaporar el condensado de proceso (10,19) pueden estar realizados como rehervidor de caldera. Los precalentadores (13) y (14) también pueden ser atravesados, en orden inverso, por el gas de síntesis (6a).

La figura 3 muestra la misma forma de realización, en la que el generador de vapor (19) y el intercambiador de calor (10) con tambor de vapor (10b) para el condensado de proceso (11) se han reemplazado por un rehervidor de caldera (23). El gas de síntesis (6), que abandona el generador de vapor (19) para el agua de alimentación de la caldera (8), es conducido al rehervidor de caldera (23). Allí se calienta y se conduce a través de un conducto de entrada (24) a la unidad de conversión de CO (9). Desde allí se conduce a través de un conducto de salida (25) por el mismo rehervidor de caldera (23), de modo que al salir de allí tiene la misma temperatura que antes de la conversión de CO.

Lista de referencias

40	1	reactor de reformado
	2	hidrocarburo
	3	vapor de agua
	4	gas de calentamiento
	5	gas que contiene oxígeno
45	6	gas de síntesis
	6a	gas de síntesis enfriado
	6b	gas de síntesis enfriado y secado
	7	intercambiador de calor para generador de vapor para agua de alimentación de la caldera
	7a	generador de vapor para agua de alimentación de la caldera
50	7b	tambor de vapor
	8	agua de alimentación de la caldera
	8a	vapor procedente de agua de alimentación de la caldera
	9	unidad de conversión de alta temperatura
	9a	vapor de agua para conversión de CO
55	10	intercambiador de calor para generador de vapor para condensado de proceso
	10a	generador de vapor para condensado de proceso
	10b	tambor de vapor
	11	condensado de proceso
	11a	agua condensada a partir de gas de síntesis
60	11b	vapor a partir de condensado de proceso
	12	tramo de enfriamiento
	13	precalentador para precalentar el agua de alimentación de la caldera
	14	precalentador para precalentar el condensado de proceso
	15	intercambiador de calor para calentar el condensado de procesos en el canal de gas de humo
65	16	canal de gas de humo
	17	gas de humo

ES 2 708 672 T3

- 18 intercambiador de calor para calentar el generador de vapor para condensado de proceso
 - 19 intercambiador de calor para calentar el condensado de proceso por delante de la unidad de conversión de alta temperatura
 - 20 intercambiador de calor en el canal de gas de humo para calentar el agua de alimentación de la caldera
 - 5 21a, 21b válvulas para bloquear el intercambiador de calor en el canal de gas de humo
 - 22 válvula de derivación para intercambiador de calor en el canal de gas de humo
 - 23 rehervidor de caldera
 - 24 conducto de entrada a la conversión de CO
 - 25 conducto de salida de la conversión de CO
- 10

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para generar vapor de proceso (11b) y vapor de agua de alimentación de la caldera (8a) en un reactor de reformado que puede calentarse para la producción de gas de síntesis, en donde

- 5
- el procedimiento proporciona gas de síntesis (6) mediante reformado por vapor a partir de hidrocarburos (2) y vapor (3), que se calienta mediante combustión de un gas de calentamiento (4) con un gas que contiene oxígeno (5), y el gas de síntesis (6) generado se condensa después de enfriarse a través de una serie de intercambiadores de calor (10, 13, 14) y un tramo de enfriamiento (12), de modo que se obtiene, además del

10

 - gas de síntesis secado (6b), un condensado de proceso (11), y
 - el procedimiento efectúa también una conversión de al menos una parte del monóxido de carbono generado con vapor de agua (9a) dando lugar a dióxido de carbono e hidrógeno, y
 - el vapor (8a, 11b) se proporciona en dos tipos diferentes, que se generan a partir de la evaporación de agua de alimentación de la caldera (8) y la evaporación de condensado de proceso (11), y

15

 - el agua de alimentación de la caldera (8) se calienta a través de un precalentador (13), que se encuentra en el flujo de gas por detrás de la unidad de conversión (9), con el gas de síntesis (6), y el agua de alimentación de la caldera (8) se evapora entonces a través de un generador de vapor (7a), que se encuentra en el flujo de gas por delante de la unidad de conversión (9), y

20

 - el condensado de proceso (11) se calienta a través de un intercambiador de calor (10) y un precalentador (14), que se encuentran en el flujo de gas por detrás de la unidad de conversión (9),

caracterizado por que

- 25
- el condensado de proceso (11) se evapora a través de un generador de vapor (10a) adicional, que se encuentra por delante de la unidad de conversión (9).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el agua de alimentación de la caldera (8) se calienta, de forma permanente o temporal a través de un intercambiador de calor (20) adicional, con el gas de humo (16).

30

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** la potencia de generación de vapor a partir de agua de alimentación de la caldera (8) se regula mediante una regulación de temperatura del generador de vapor (7a) para agua de alimentación de la caldera (8).

35

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el generador de vapor para condensado de proceso (11) por delante de la conversión de CO (9) es un rehervidor de caldera (23) y el gas de síntesis (6) fluye a través de este rehervidor de caldera (23).

40

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** el intercambiador de calor para condensado de proceso (11) por detrás de la conversión de CO (9) es un rehervidor de caldera (23) y el gas de síntesis (6) fluye a través de este rehervidor de caldera (23).

6. Dispositivo para generar vapor de proceso (11b) y vapor de agua de alimentación de la caldera (8a) en un reactor de reformado que puede calentarse para la producción de gas de síntesis, que comprende

- 45
- un reactor de reformado (1) que puede calentarse para la producción de gas de síntesis (6) a partir de hidrocarburos (2) y vapor de agua (3),
 - una unidad de conversión (9) para la conversión de monóxido de carbono con vapor de agua (9a) dando lugar a dióxido de carbono,

50

 - un tramo de enfriamiento (12) para la condensación de agua de proceso (11a),
 - dos precalentadores (13, 14) para calentar el agua de alimentación de la caldera (8) y el condensado de proceso (11) con gas de síntesis (6a),
 - un intercambiador de calor (10) adicional para calentar el condensado de proceso (11) con gas de síntesis (6), que se coloca, en la dirección de flujo de gas del gas de síntesis (6), directamente por detrás de la unidad de

55

 - conversión (9),
 - un generador de vapor (7a), que se coloca, en la dirección de flujo de gas del gas de síntesis (6), por delante de la unidad de conversión (9), sirviendo para generar vapor (8a) a partir de agua de alimentación de la caldera (8),

60 caracterizado por que

- el dispositivo incluye un generador de vapor (10a), que se coloca, en la dirección de flujo de gas del gas de síntesis (6), por delante de la unidad de conversión (9), sirviendo este para generar vapor (11b) a partir de condensado de proceso (11).

65

7. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado por que** comprende un intercambiador de calor (20) adicional

para calentar agua de alimentación de la caldera (8) en el canal de gas de humo (16).

8. Dispositivo según la reivindicación 7, **caracterizado por que** el intercambiador de calor (20) adicional para calentar agua de alimentación de la caldera (8) puede bloquearse en el canal de gas de humo (16).

5 9. Dispositivo según una de las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizado por que** el conducto de gas de síntesis (24) incluye, por delante de la conversión de CO (9), un rehervidor de caldera (23).

10 10. Dispositivo según una de las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizado por que** el conducto de gas de síntesis (25) incluye, por detrás de la conversión de CO (9), un rehervidor de caldera (23).

15 11. Dispositivo según una de las reivindicaciones 9 y 10, **caracterizado por que** el conducto de gas de síntesis (24, 25) contiene un rehervidor de caldera (23), cuyas instalaciones de intercambio de calor conducen el gas de síntesis (6) procedente del flujo de gas tanto por delante de la conversión de CO (9) como por detrás de la conversión de CO (9).

20 12. Dispositivo según una de las reivindicaciones 6 a 11, **caracterizado por que** el conducto de gas de síntesis (6) está equipado con una tubería bloqueable, que permite evitar de manera regulable el generador de vapor (7a) para el agua de alimentación de la caldera (8), en la dirección de flujo de gas, por delante de la conversión de CO (9).

13. Dispositivo según una de las reivindicaciones 6 a 12, **caracterizado por que** el conducto de gas de síntesis (6) está equipado con una tubería bloqueable, que permite evitar de manera regulable el generador de vapor (10a) para el condensado de proceso (11), en la dirección de flujo de gas, por delante de la conversión de CO (9).

25 14. Dispositivo según una de las reivindicaciones 6 a 13, **caracterizado por que** entre los precalentadores (13, 14) para el agua de alimentación de la caldera (8) y el condensado de proceso (11) se encuentra una unidad para la conversión de CO a baja temperatura.

FIG. 1

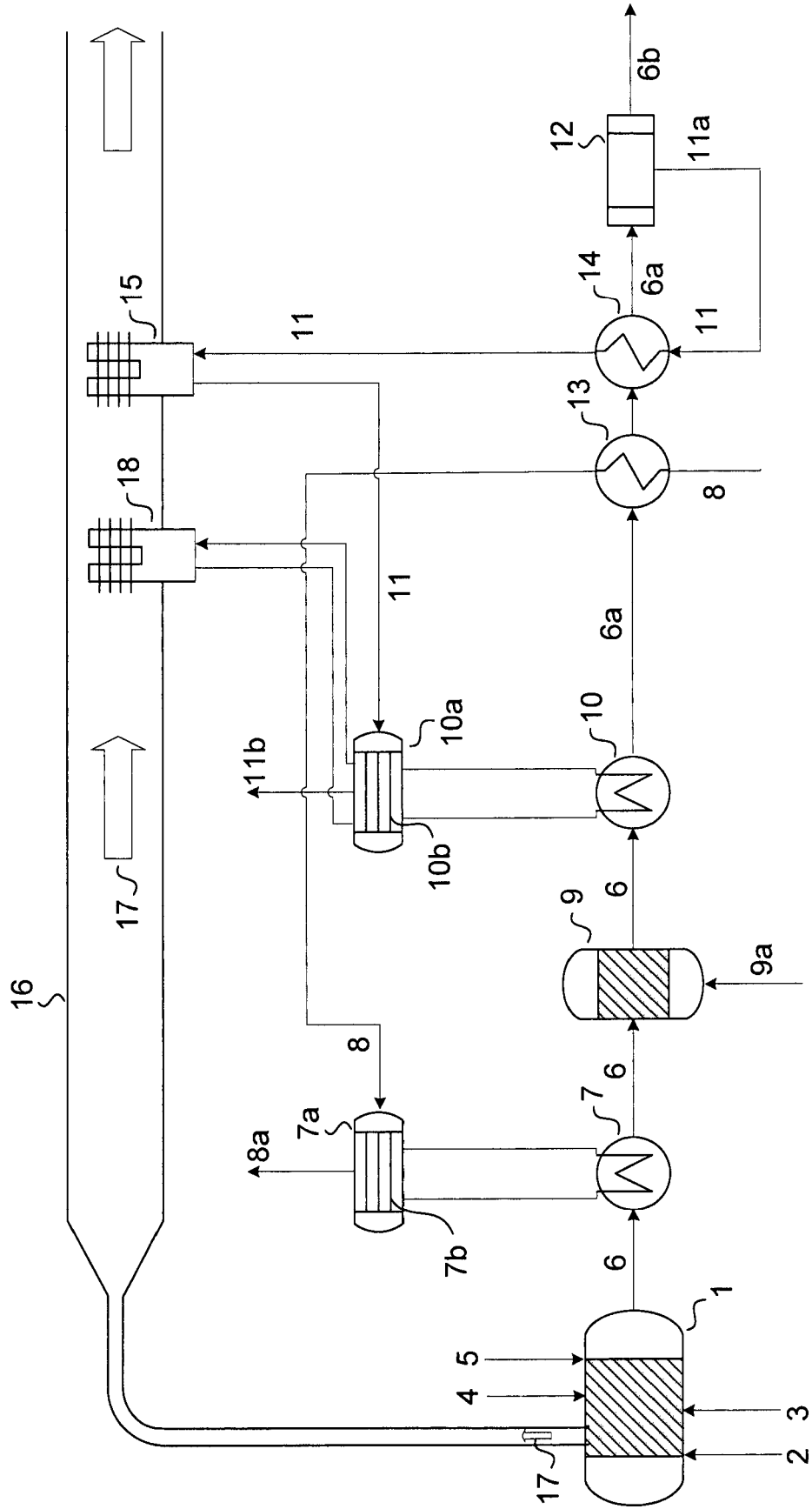


FIG. 2

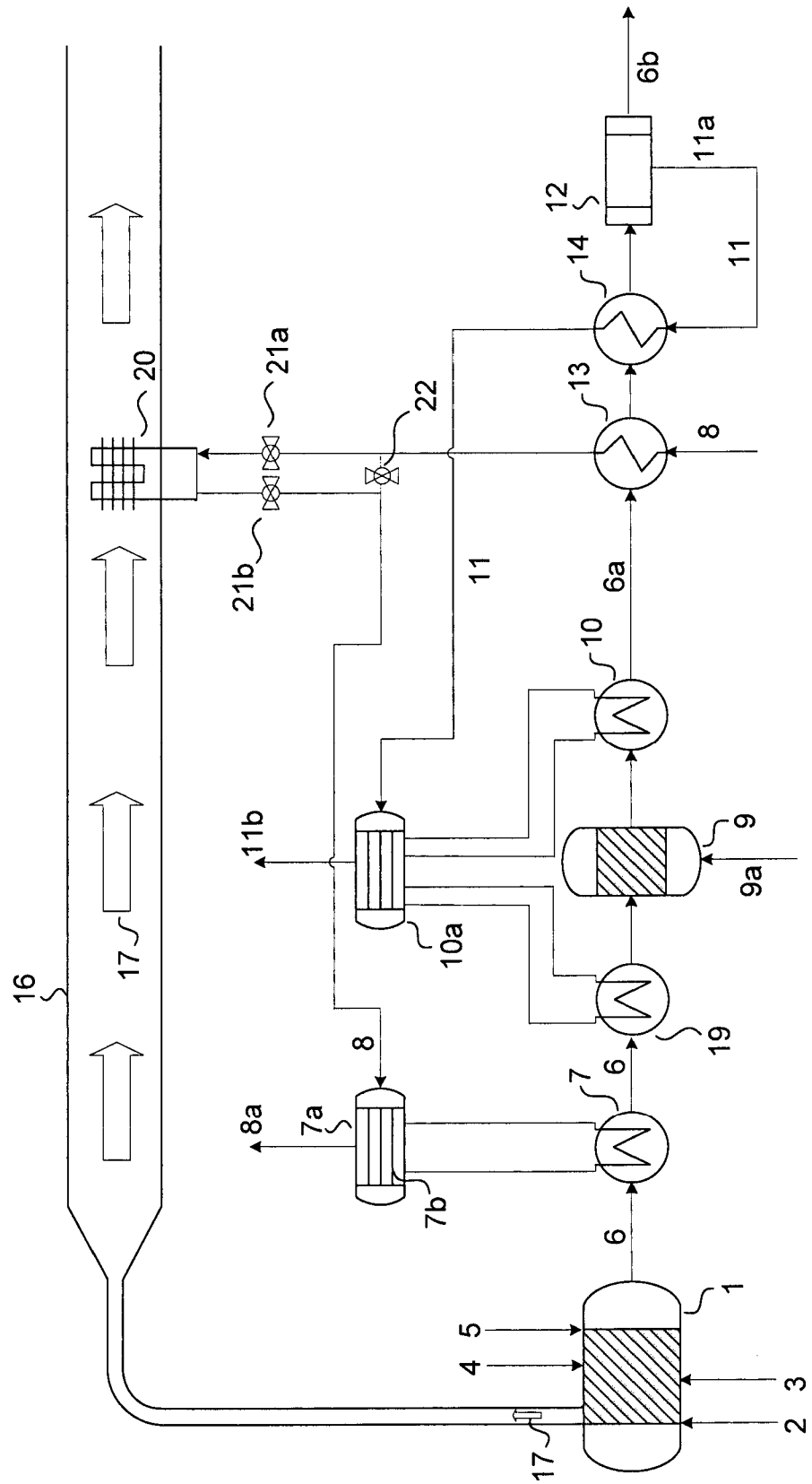


FIG. 3

