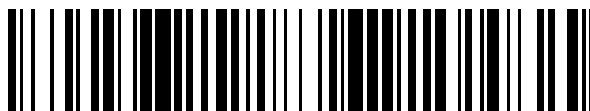


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 709 688**

51 Int. Cl.:

**C01B 3/38** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.04.2016** E 16400012 (7)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.01.2019** EP 3235785

54 Título: **Procedimiento e instalación para la producción de gas de síntesis mediante reformado catalítico con vapor de un gas de alimentación que contiene hidrocarburo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.04.2019**

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME POUR  
L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS  
GEORGES CLAUDE (100.0%)  
75 Quai d'Orsay  
75007 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**TADIELLO, JEAN-PHILIPPE;  
KANG, TAEKYU;  
WENZ, THOMAS y  
YUE, CHEN**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 709 688 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 e instalación para la producción de gas de síntesis mediante reformado catalítico con vapor de un gas de alimentación que contiene hidrocarburo

### Ámbito de la invención

5 La invención se refiere a un procedimiento para la producción de un gas de síntesis constituido principalmente por hidrógeno y monóxido de carbono mediante reformado catalítico con vapor de un gas de alimentación que contiene hidrocarburo, en donde para el desarrollo de las reacciones de reformado químicas se genera el calor requerido por quemadores con generación de un gas de combustión y en donde con aprovechamiento del calor contenido en el gas de síntesis y en el de combustión se genera un vapor puro de agua de alimentación de calderas y un vapor de proceso de condensado de proceso.

La invención se refiere adicionalmente a una instalación para llevar a cabo este procedimiento.

### Estado de la técnica

15 Se conocen procedimientos e instalaciones de este tipo. El procedimiento en el que se fundamenta la presente para el reformado catalítico con vapor de un gas de alimentación que contiene hidrocarburo se describe por ejemplo en Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, Sexta edición, vol. 15, Gas Production, Capítulo 2. Los gases de alimentación, un gas que contiene hidrocarburo, como por ejemplo gas natural y vapor de agua se conducen a este respecto a presión elevada, por ejemplo de 20 a 35 bar, y alta temperatura, por ejemplo de 800 a 950° C, mediante tubos reactores rellenos de catalizador, calentados desde el exterior. A este respecto se transforman los gases de alimentación en gas de síntesis rico en hidrógeno y en monóxido de carbono. Un reactor tubular de este tipo se designa como SMR y el procedimiento como procedimiento SMR, abreviatura de Steam-Methane-Reformer (reformador de metano con vapor). Para la separación de la proporción de hidrógeno del gas de síntesis se usa frecuentemente el procedimiento de adsorción por oscilación de presión, que se describe propiamente en Ullmann-Band, en el capítulo 5.5.3.

25 En lo que respecta a la economía del procedimiento es muy importante que para el calentamiento de los gases de alimentación y la realización de, en suma, las reacciones de reformado endotérmicas se aproveche lo más posible la energía térmica expedida para la generación de vapor. El vapor de agua usado, junto con el gas de alimentación que contiene hidrocarburo, se designa como vapor de proceso. Este se obtiene mediante revaporizaciones del condensado formado y separado en su enfriamiento a partir del gas de síntesis. El contenido térmico del gas de síntesis y del gas de combustión supera no obstante la cantidad de calor necesaria para la generación del vapor de proceso. Para 30 aprovechar este calor en exceso significativo, se usa para la generación del denominado calor de exportación, que se usa principalmente fuera del proceso SMR. Para cargar el vapor de exportación sin impurezas desde el proceso SMR, se usa para su generación agua de alimentación a la caldera fresca. Una parte del vapor de exportación se usa para equilibrar pérdidas de purgas en la generación del vapor de proceso.

35 El uso del calor contenido en el gas de síntesis y en el gas de combustión para la generación de vapor se realiza en muchos casos de modo que se lleva a cabo un intercambio de calor directo entre estos gases y el condensado de proceso y el agua de alimentación a caldera. El documento de patente alemana DE 10 2010 044 939 B3 describe un procedimiento realizado de este modo. El documento US 2005/0288381 A1 da a conocer igualmente un procedimiento de realizado de este tipo.

40 El objetivo de la invención consiste en proporcionar un procedimiento y una instalación en las que se consigue alternativamente la transferencia de calor desde gas de síntesis y desde gas de combustión para la generación del vapor.

### Descripción de la invención

El objetivo se consigue con el procedimiento según la reivindicación 1 y una instalación según la invención con las características de la reivindicación 2.

### 45 Procedimiento según la invención:

Procedimiento para la producción de un gas de síntesis constituido principalmente por hidrógeno y monóxido de carbono mediante reformado catalítico con vapor de un gas de alimentación que contiene hidrocarburo, en donde el calor requerido para el desarrollo de las reacciones de reformado químicas se genera por quemadores con generación de un gas de combustión y en donde, con uso del calor contenido en el gas de síntesis y en el gas de combustión, se genera un vapor limpio del agua de alimentación de la caldera y un vapor de proceso del condensado de proceso,

5 caracterizado por que para la generación del vapor limpio se usa gas de síntesis y gas de combustión y para la generación del vapor de proceso una parte del vapor limpio como medio de transmisión de calor y la parte restante del vapor limpio se extrae como vapor de exportación del procedimiento y por que se ajustan independientemente una de otra las presiones respectivas de la parte del vapor limpio, que se usa como medio de transmisión de calor para la generación de vapor de proceso, y de la parte que se extrae como vapor de exportación del procedimiento. Una presión requerida frecuentemente por el usuario externo al proceso para el vapor de exportación es de 52 bar. Pero esta presión no es óptima para el uso interno en el procedimiento del vapor como medio de transmisión de calor. Esta configuración hace posible reducir la presión para este uso interno por ejemplo a 39 bar. Mediante esta reducción de la presión se aumenta la entalpía de condensación del vapor en 5,8%, lo que conduce a una reducción de la cantidad de vapor limpio necesaria para la generación del vapor de proceso. Además se pueden disponer las partes usadas para la generación del vapor de proceso a una presión menor, y con ello con menor coste.

**Instalación según la invención:**

Instalación para la realización del procedimiento según la invención, que comprende:

- Al menos un horno tubular para la realización del reformado catalítico con vapor,
- 15 - Una caldera para la desgasificación térmica del agua de alimentación de caldera,
- Una caldera de vapor para la generación de vapor limpio a partir del agua de alimentación de la caldera,
- Respectivamente al menos un intercambiador de calor para el calentamiento y evaporación del agua de alimentación a caldera mediante gas de síntesis y mediante gas de combustión,
- Al menos un aparato para la separación mecánica de condensado del gas de síntesis,
- 20 - Una caldera de vapor para la generación de vapor de proceso, configurada con un intercambiador de calor adecuado para el uso de vapor limpio como medio de transmisión de calor,

25 caracterizado por que se encuentran disponibles dispositivos de regulación separados para el ajuste y regulación de presiones de la parte del vapor limpio que se usa como medio de transmisión de calor para la generación de vapor de proceso, y de la parte que se recupera como vapor de exportación del procedimiento. Mediante este diseño se puede ajustar por separado la presión del vapor a los requerimientos del receptor de vapor de exportación y también de la generación de vapor de proceso.

30 Una configuración preferida de la instalación según la reivindicación se caracteriza por que la caldera de vapor está configurada para la generación de vapor de proceso con un intercambiador de calor de placas interior. Los intercambiadores de calor de placas disponen de mucha superficie de intercambio de calor con respecto a las dimensiones externas del intercambiador de calor, de modo que se integran los intercambiadores de calor en la caldera de vapor y con ello puede suprimirse un intercambiador de calor dispuesto exteriormente. Mediante este diseño se reduce la necesidad de espacio para las partes de la instalación de generación de vapor de proceso.

35 Una configuración preferida adicional de la instalación según la invención se caracteriza por que las partes de la instalación que entran en contacto con el condensado de proceso y el vapor de proceso se componen de acero inoxidable. Mediante este diseño es posible que impurezas como CO y CO<sub>2</sub> se queden en el condensado de proceso, es decir no se contamina el entorno con una desgasificación del condensado de proceso y estos componentes se realimentan, mediante el vapor de proceso, al proceso de reformado. Con el uso de acero inoxidable puede omitirse igualmente la adición de productos químicos para la unión de oxígeno y para el ajuste del pH.

**Ejemplo de realización**

40 Otras características, ventajas y posibilidades de aplicación de la invención resultan de la descripción siguiente de un ejemplo de realización y ejemplo numérico y del dibujo. A este respecto todas las características descritas y/o representadas en el dibujo de por sí o en combinación discrecional constituyen el objeto de la invención, independientemente de su resumen en las reivindicaciones o su relación de símbolos.

El procedimiento según la invención se debe aclarar a continuación en función del dibujo de la Fig. 1. Este muestra:

45 Fig. 1 un diagrama de flujo de una realización a modo de ejemplo de la instalación según la invención

**Figura 1:**

El diagrama de flujo muestra una realización a modo de ejemplo de la instalación 1 según la invención que sirve en este ejemplo para la producción de hidrógeno a partir del gas de alimentación que contiene hidrocarburo como, por ejemplo, gas natural y vapor de agua. Se representan solo las partes esenciales para el entendimiento de la invención de la instalación o bien del procedimiento.

5

En el reformador SMR 2 configurado como horno tubular se transforma el gas de alimentación que se compone de gas natural 3 y vapor de proceso 4 principalmente en gas de síntesis 5 constituido por monóxido de carbono e hidrógeno. El reformador SMR 2 se calienta con los quemadores 6, de los que se representan aquí solo uno, que se operan con aire 7 y gas combustible 8, generándose un gas de combustión 9. Para usar el calor contenido en el gas de síntesis 5 y en el gas de combustión 9 se usan estos como medio de transmisión de calor para el calentamiento de la caldera de vapor 10, mediante el intercambiador de calor 10a y 10b, y el gas de síntesis 5 adicionalmente también para el calentamiento del gas natural 3 mediante el intercambiador de calor 20 y la caldera de desgasificación 11, mediante el intercambiador de calor 11a. En la caldera de desgasificación 11 se desgasifica térmicamente el agua de alimentación a la caldera 12, se retira el gas 21 expulsado de la instalación. El agua de alimentación a la caldera desgasificada y calentada se aporta por el conducto 13 a la caldera de vapor 10, evaporándose al vapor limpio 14. Una parte del vapor limpio 14 se retira como vapor de exportación 14a del procedimiento o bien de la instalación, la otra parte 14b se usa como vapor caliente, para el calentamiento de la caldera de vapor 17, que está configurada con el intercambiador de calor de placas interior 17a. El condensado que se genera en el intercambiador de calor 17a se recupera por el conducto 22 a la caldera de desgasificación 11.

10

15

Con las válvulas 23a y 23b se ajustan respectivamente las presiones de los vapores 14a y b.

20

El gas de combustión 9 se retira tras el intercambio de calor con agua de alimentación a la caldera en el intercambiador 10b, para el posterior tratamiento fuera del procedimiento.

En el separador de condensado 15 se separa condensado 16 acuoso formado en el gas de síntesis y se introduce en la caldera de vapor 17. Ahí se evapora mediante el intercambiador de calor 17a, dando vapor de proceso 4, donde se usa una corriente parcial del vapor limpio 14 como vapor caliente 14a, medio de transmisión de calor, y a continuación se introduce en la caldera de desgasificación 11. Tras la separación del condensado se trata el gas de síntesis 5 en la instalación de adsorción por oscilación de presión 18, separándose la proporción de hidrógeno 19 del gas de síntesis y se retira para el tratamiento posterior fuera de la instalación o del procedimiento. El gas restante 8 que permanece tras la combustión del hidrógeno se aporta como gas combustible 8 a los quemadores 6 del reformador SMR 2.

25

**30 Aplicabilidad comercial**

La invención pone a disposición un procedimiento alternativo y una instalación alternativa para la producción de gas de síntesis mediante reformado con vapor de un gas que contiene hidrocarburo. A este respecto se configuró de nuevo el sistema para la generación de vapor de proceso, con lo que se consiguen ventajas energéticas y constructivas. La invención se puede aplicar por parto comercialmente.

35

**Lista de referencias**

- 1 Instalación según la invención
- 2 Reformador SMR
- 3 Corriente de gas natural
- 5 4 Vapor de proceso
- 5 Gas de síntesis
- 6 Quemador
- 7 Aire para la combustión
- 8 Gas residual/combustible
- 10 9 Gas de combustión
- 10 Caldera de vapor para vapor de exportación, con intercambiadores de calor 10a, b
- 11 Caldera de desgasificación con intercambiador de calor 11a
- 12 Agua de alimentación a caldera, fresca
- 13 Agua de alimentación a caldera, desgasificada
- 15 14 Vapor limpio
- 14a Vapor de exportación
- 14b Vapor caliente
- 15 Separador de condensados
- 16 Condensados
- 20 17 Caldera de vapor para vapor de proceso, con intercambiadores de calor 17a
- 18 Instalación de adsorción por oscilación de presión
- 19 Hidrógeno
- 20 Intercambiador de calor
- 21 Gas, retirado del agua de alimentación de caldera
- 25 22 Conducto para la recuperación de condensado
- 23 a, b Válvulas para la regulación de la presión de vapor

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para la producción de un gas de síntesis constituido principalmente por hidrógeno y monóxido de carbono mediante reformado catalítico con vapor de un gas de alimentación que contiene hidrocarburo, en donde el calor requerido para el desarrollo de las reacciones de reformado químicas se genera por quemadores con generación de un gas de combustión y en donde, con uso del calor contenido en el gas de síntesis y en el gas de combustión, se genera un vapor limpio del agua de alimentación de la caldera y un vapor de proceso del condensado de proceso, **caracterizado por que** para la generación del vapor limpio se usa gas de síntesis y gas de combustión y para la generación del vapor de proceso una parte del vapor limpio como medio de transmisión de calor y la parte restante del vapor limpio se extrae como vapor de exportación del procedimiento y por que se ajustan independientemente una de otra las presiones respectivas de la parte del vapor limpio, que se usa como medio de transmisión de calor para la generación de vapor de proceso, y de la parte que se extrae como vapor de exportación del procedimiento.
- 10
2. Instalación para la realización del procedimiento según la reivindicación 1, que comprende:
- Al menos un horno tubular para la realización del reformado catalítico con vapor,
  - 15 - Una caldera para la desgasificación térmica del agua de alimentación de caldera,
  - Una caldera de vapor para la generación de vapor limpio a partir del agua de alimentación de la caldera,
  - Respectivamente al menos un intercambiador de calor para el calentamiento y evaporación del agua de alimentación a caldera mediante gas de síntesis y mediante gas de combustión,
  - Al menos un aparato para la separación mecánica de condensado del gas de síntesis,
  - 20 - Una caldera de vapor para la generación de vapor de proceso, configurada con un intercambiador de calor adecuado para el uso de vapor limpio como medio de transmisión de calor,
- caracterizada por que** se encuentran disponibles dispositivos de regulación separados para el ajuste y regulación de presiones de la parte del vapor limpio que se usa como medio de transmisión de calor para la generación de vapor de proceso, y de la parte que se recupera como vapor de exportación del procedimiento.
- 25 3. Instalación según la reivindicación 2, **caracterizada por que** la caldera de vapor está configurada para la generación de vapor de proceso con un intercambiador de calor de placas interior.
4. Instalación según una de las reivindicaciones 2 o 3, **caracterizado por que** las partes de la instalación que entran en contacto con el condensado de proceso y el vapor de proceso se componen de acero inoxidable.

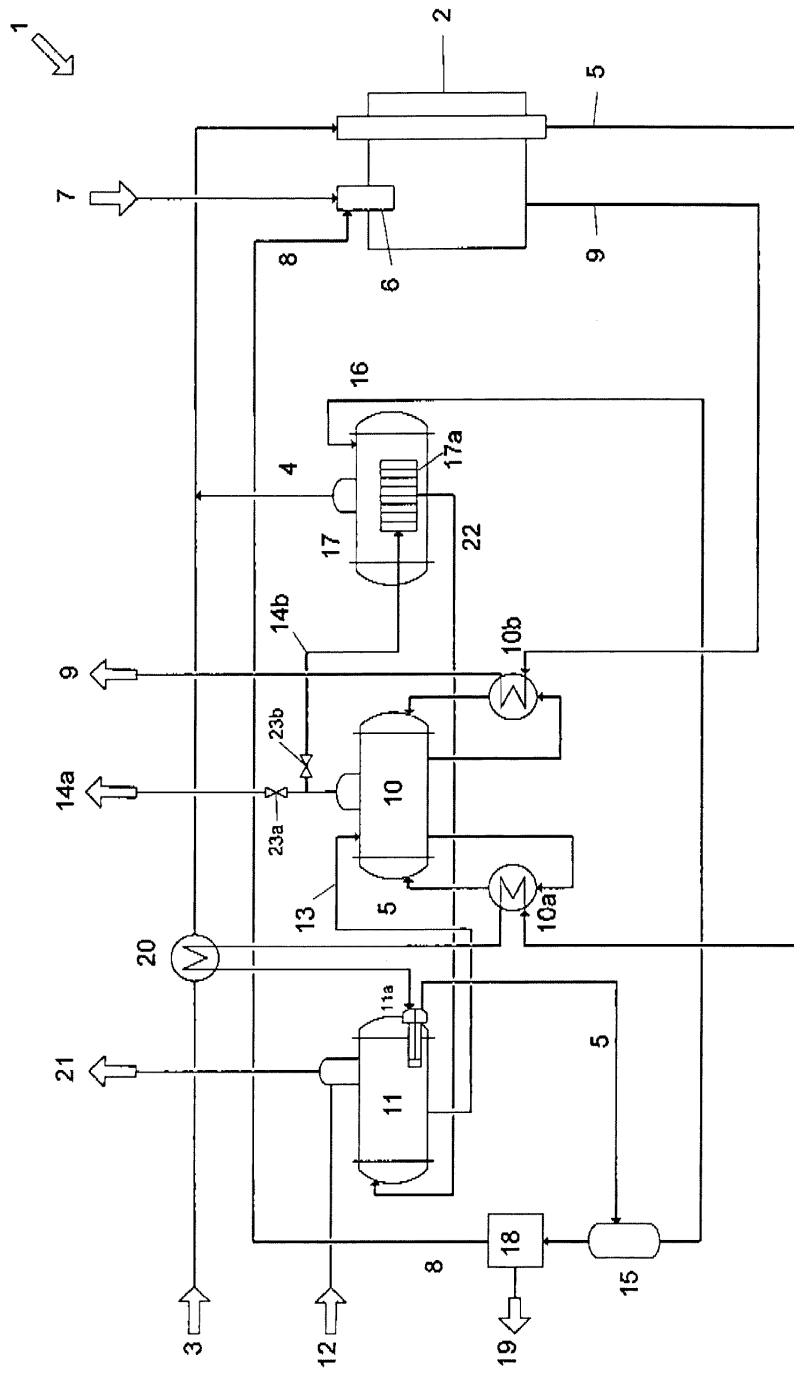


Fig. 1