

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 812 074**

51 Int. Cl.:

C10K 1/04 (2006.01)

C10K 1/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.04.2015 PCT/EP2015/058108**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.10.2015 WO15158737**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2015 E 15715290 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2020 EP 3132007**

54 Título: **Procedimiento de tratamiento de un gas de síntesis que proviene de una etapa de gasificación**

30 Prioridad:

14.04.2014 FR 1453328

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

16.03.2021

73 Titular/es:

**ENGIE (100.0%)
1 Place Samuel de Champlain
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**LEGRAND, FRÉDÉRIC;
KARA, YILMAZ y
MARCHAND, BERNARD**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 812 074 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 tratamiento de un gas de síntesis que proviene de una etapa de gasificación

Campo técnico de la invención

5 La presente invención tiene por objeto un procedimiento de tratamiento de un gas de síntesis que proviene de una etapa de gasificación. Se aplica, en particular, a la gasificación de combustibles hidrocarbonados para la producción de biometano.

Estado de la técnica

10 La producción del denominado biometano de segunda generación se basa en la gasificación de biomasa lignocelulósica y en la metanización catalítica del gas de síntesis, o "syngas" (contracción anglosajona de "synthetic gas", traducido al español como "gas sintético"), así producido.

Entre la etapa de gasificación de biomasa y la etapa de metanización catalítica, el gas sintético debe purificarse con el fin de:

- optimizar el rendimiento de la etapa de metanización y
 - evitar una desactivación rápida del catalizador necesario para la conversión realizada en el transcurso de la metanización.
- 15

En efecto, a la salida de la etapa de gasificación, el gas sintético incluye:

- impurezas orgánicas, por ejemplo, de tipo alquitrán y residuos de gasificación y
- contaminantes inorgánicos, como sulfuro de hidrógeno, oxisulfuro de carbono, amoníaco o ácido clorhídrico, por ejemplo.

20 Las impurezas orgánicas y los residuos de gasificación pueden provocar la obstrucción o abrasión de los conductos por los que circulan estas impurezas y residuos. Además, estas impurezas y residuos pueden provocar la desactivación de un catalizador de metanización, construido tradicionalmente a base de níquel, en el que tiene lugar la reacción de metanización.

25 Los contaminantes inorgánicos pueden desactivar irreversiblemente un catalizador de metanización o acelerar la corrosión de los equipos con los que estos contaminantes están en contacto.

30 Los sistemas actuales de eliminación o reducción de impurezas orgánicas o contaminantes inorgánicos del gas sintético se dividen en dos categorías. Los denominados sistemas "primarios" tienen como objetivo reducir la cantidad de alquitranes producidos jugando con la geometría, las condiciones de funcionamiento o los catalizadores y aditivos del reactor responsable de la conversión de la biomasa. Los denominados sistemas "secundarios" corresponden a todas las unidades instaladas aguas abajo del reactor responsable de la gasificación de la biomasa y recurren a procedimientos de separación convencionales. Estos procedimientos convencionales pueden ser, por ejemplo, de tipo lavado en húmedo, lavado en seco o tratamiento del gas a alta temperatura. Los sistemas primarios no permiten, actualmente, evitar la utilización de sistemas secundarios complementarios.

35 Los expertos en la técnica conocen en particular las denominadas instalaciones de "Gussing", cuyo nombre procede de la ciudad en la que está instalado un dispositivo de gasificación de referencia. Estas instalaciones incluyen unos medios de purificación secundarios dispuestos a la salida del reactor de gasificación. Estos medios por lo tanto incluyen:

- un dispositivo de enfriamiento del gas de síntesis que permite recuperar el calor latente del gas de síntesis en beneficio de una red de calefacción urbana,
 - un filtro de partículas que permite atrapar las partículas sólidas presentes en el gas de síntesis y
 - un dispositivo de lavado del gas (denominado "scrubber", en inglés) con biodiésel para separar las impurezas del gas de síntesis.
- 40

Actualmente, este dispositivo no es satisfactorio porque las impurezas saturan rápidamente el biodiésel.

45 Tanto en un caso como en el otro, la purificación del gas sintético se lleva a cabo en detrimento del rendimiento global de la instalación.

El documento EP0444684 enseña un procedimiento de conversión de residuos sólidos en una síntesis adecuada para producir combustible líquido.

También se conoce a partir de la patente EP2445998 un dispositivo y un procedimiento de purificación de un gas sintético. Según este documento, el procedimiento utilizado incluye cuatro etapas:

- una etapa de enfriamiento del gas de síntesis,
- 50

- una etapa de lavado del gas de síntesis con un aceite,
- una etapa de regeneración del aceite y
- una etapa de tratamiento del gas lavado con un adsorbente catalítico.

5 La etapa de enfriamiento permite, en particular, separar los compuestos más pesados del gas de síntesis, pero también llevar el gas de síntesis a una temperatura óptima para el lavado. La etapa de lavado del gas de síntesis con un aceite permite realizar una adsorción de los compuestos orgánicos del flujo gaseoso. La etapa de tratamiento del gas con un adsorbente catalítico permite adsorber los alquitranes residuales más ligeros, así como los compuestos inorgánicos.

10 Sin embargo, la adsorción utilizada en el transcurso de la etapa de lavado conlleva un cierto número de limitaciones, en particular, dado que el disolvente utilizado debe satisfacer cierto número de características complejas, como, por ejemplo, disponer de una fuerte afinidad con respecto a los compuestos a eliminar, de una baja viscosidad, de una presión de vapor elevada. Además, las dimensiones del absorbedor utilizado en el transcurso de la adsorción son complejas de estimar debido a la falta de conocimiento sobre los datos termodinámicos del equilibrio líquido-vapor de los sistemas utilizados de compuestos orgánicos/agua/disolvente. En último lugar, la regeneración del aceite utilizado en el transcurso de la etapa de lavado genera efluentes que hay que tratar y, por lo tanto, es necesario una unidad de tratamiento de agua sucia. Este procedimiento requiere un adsorbente de aceite, cuyo aceite es regenerado y un adsorbente catalítico. Por lo tanto, el volumen de los residuos producidos sigue siendo alto y la regeneración de los aceites también tiene lugar en detrimento del rendimiento global de la instalación.

Por todas estas razones, los sistemas actuales no permiten optimizar el rendimiento de la conversión del carbono en gas sintético ni minimizar los desechos de la unidad que realiza la producción de gas sintético.

20 Objeto de la invención

La presente invención tiene por objeto remediar todos o parte de estos inconvenientes.

Para ello, la presente invención tiene por objeto un procedimiento de tratamiento de un gas de síntesis que proviene de una etapa de gasificación, que incluye:

- 25 - una etapa de enfriamiento del gas de síntesis para condensar las impurezas orgánicas pesadas y el agua,
- una etapa de adsorción, a la salida de la etapa de enfriamiento, de impurezas orgánicas ligeras e impurezas inorgánicas mediante al menos un lecho de adsorción,
- una etapa de separación por decantación del agua y de los alquitranes pesados procedentes de la etapa de enfriamiento del gas de síntesis y
- 30 - una etapa de regeneración de al menos un lecho de adsorción por desorción modulada por temperatura que incluye una etapa de inyección de un gas caliente contra cada dicho lecho de adsorción, siendo el gas caliente vapor sobrecalentado o, un gas puro o una mezcla de gases elegidos de entre C=2, CH₄, H₂, CO, a una temperatura comprendida entre 110 °C y 250 °C y con un flujo volumétrico de vapor sobrecalentado o gas 3 a 5 veces inferior a un flujo volumétrico de gas de síntesis.

35 Al realizar directamente la etapa de adsorción a la salida de la etapa de enfriamiento, se eliminan el lavado con un disolvente y la regeneración del disolvente. Estas disposiciones permiten reducir el coste de instalación y explotación de una unidad de producción de un gas de síntesis. Además, estas disposiciones permiten reducir el impacto medioambiental del dispositivo y limitar el consumo energético del dispositivo. Además, la presencia de varios lechos de adsorción permite asegurar la continuidad del tratamiento gracias a una rutina automática simplificada de utilización de los diferentes lechos.

40 Además, el consumo energético se reduce. En efecto, los aceites resultantes de la adsorción son difíciles y caros de regenerar, ya que las denominadas técnicas de "stripping" (traducido como "despojamiento" en español) o de destilación requieren grandes cantidades de energía vinculadas a la necesidad de vaporización de estas técnicas. En el caso de la adsorción, los enlaces son más débiles entre los medios del lecho de adsorción y las impurezas.

45 En unos modos de realización, el gas de síntesis se enfría entre 5 °C y 30 °C en el transcurso de la etapa de enfriamiento.

En unos modos de realización, el gas de síntesis se enfría entre 5 °C y 10 °C.

Estas temperaturas permiten alcanzar la temperatura del punto de rocío de los alquitranes pesados y del agua.

50 En unos modos de realización, el procedimiento objeto de la presente invención incluye una etapa de enfriamiento del agua de decantación, procedente de la etapa de separación, entre 5 °C y 30 °C, utilizándose el agua de decantación enfriada para la etapa de enfriamiento del gas de síntesis.

Estos modos de realización permiten limitar el consumo de agua del procedimiento.

En unos modos de realización, en el transcurso de la etapa de enfriamiento del agua, el agua de decantación procedente de la etapa de separación se enfría entre 5 °C y 10 °C.

Estas temperaturas permiten alcanzar la temperatura del punto de rocío de los alquitranes pesados y del agua.

De este modo, la regeneración se realiza en un tiempo inferior o igual al tiempo de saturación del lecho de adsorción.

En unos modos de realización, una parte de los productos procedentes de la etapa de regeneración se utiliza en la etapa de separación por decantación.

- 5 En unos modos de realización, la etapa de regeneración se efectúa de manera simultánea, al menos parcialmente, a la etapa de adsorción.

Estos modos de realización tienen la ventaja de permitir una optimización del rendimiento del procedimiento. Preferiblemente, el procedimiento utiliza al menos dos lechos alternando una etapa de adsorción y una etapa de regeneración.

- 10 En unos modos de realización, la etapa de regeneración incluye una etapa de desorción del lecho de adsorción.

Estos modos de realización tienen la ventaja de permitir una regeneración eficiente del lecho de adsorción. Además, estos modos de realización tienen la ventaja de aumentar el rendimiento del procedimiento.

- 15 En unos modos de realización, la etapa de regeneración incluye una etapa de enfriamiento de un lecho de adsorción que se efectúa de manera simultánea, al menos parcialmente, a la etapa de adsorción y de manera simultánea, al menos parcialmente, a la etapa de desorción de un lecho de adsorción.

La ventaja de estos modos de realización es que permiten aumentar el rendimiento del procedimiento. Además, en unos modos de realización preferibles, el procedimiento implementa tres lechos de adsorción que realizan por turnos una secuencia de etapas de adsorción, regeneración y enfriamiento de modo que en cualquier momento un solo lecho individual realice una de estas etapas.

- 20 En unos modos de realización, el procedimiento objeto de la presente invención incluye una etapa de permutación entre un primer lecho de adsorción que realiza la etapa de adsorción y al menos un segundo lecho de adsorción que realiza una etapa de regeneración.

La ventaja de estos modos de realización es que permiten una continuidad en la adsorción aplicada a un gas de síntesis, a la vez que permiten una adsorción óptima de las impurezas del gas.

- 25 En unos modos de realización, la etapa de regeneración de un lecho de adsorción incluye una etapa de decantación de los alquitranes recogidos en el transcurso de la etapa de enfriamiento.

Estos modos de realización tienen la ventaja de permitir una mejor utilización de los alquitranes recogidos. Estos modos de realización tienen la ventaja de permitir una separación del agua condensada y de los alquitranes recogidos, el volumen de efluentes que contienen alquitranes también se reduce de esta manera. Por otro lado, este modo de realización permite valorizar los BTX.

- 30 En unos modos de realización, la regeneración del lecho de adsorción se realiza mediante la inyección de un gas inerte en el lecho de adsorción.

Breve descripción de las figuras

- 35 Otras ventajas, objetivos y características particulares de la invención se apreciarán a partir de la siguiente descripción no limitativa de al menos un procedimiento de tratamiento de un gas de síntesis proveniente de una etapa de gasificación objeto de la presente invención, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 representa, un diagrama de flujo de las etapas de un modo de realización particular del procedimiento objeto de la presente invención y
- la figura 2 representa, esquemáticamente, un modo de realización particular del dispositivo.

40 Descripción de ejemplos de realización de la invención

La presente descripción se aporta a modo no limitativo.

Cabe destacar, desde ahora, que las figuras no están a escala.

- 45 También cabe destacar, desde ahora, que las expresiones "uno" o "una" en la siguiente descripción denotan "al menos uno" o "al menos una" y solo se usan en aras de una mayor claridad. Asimismo, estas expresiones se pueden sustituir por "una pluralidad".

Se observa, en la figura 1, un modo de realización del procedimiento de tratamiento 10 de un gas de síntesis proveniente de una etapa de gasificación de biomasa objeto de la presente invención. Este procedimiento 10 incluye:

- una etapa de enfriamiento 105 del gas de síntesis,

ES 2 812 074 T3

- una etapa de adsorción 110 del gas de síntesis mediante un lecho de adsorción,
 - una etapa de regeneración 120 de un lecho de adsorción por desorción modulada por temperatura, que puede realizarse de manera simultánea a la etapa de adsorción 110, que incluye:
 - una etapa de desorción 125 de un lecho de adsorción que incluye una etapa de enfriamiento 130 de los productos de la desorción,
- 5
- una etapa de permutación 140 entre un lecho que realiza la etapa de desorción 125 y un lecho que realiza la etapa de enfriamiento 130,
 - una etapa de enfriamiento 145 de los productos de la etapa de desorción 125 y
 - una etapa de separación 150 de los productos enfriados y
- 10
- una etapa de permutación 115 entre un lecho de adsorción regenerado y un lecho de adsorción saturado y
 - una etapa de separación 155 por decantación 135 del agua y de los alquitranes pesados procedentes de la etapa de enfriamiento 105 del gas de síntesis y

La etapa de enfriamiento 105 se realiza, por ejemplo, mediante la implementación de un condensador que permite la separación de alquitranes transportados por el flujo de gas de síntesis. Este condensador disminuye la temperatura del gas de síntesis para una presión dada de manera que se alcance la temperatura del punto de rocío de los alquitranes pesados y del agua. Este condensador es un contactor directo de gas/líquido, por ejemplo, una columna de empacado, un lavador Venturi o una torre de bandejas. Este condensador también está asociado con un medio de refrigeración y un medio de intercambio térmico, como un intercambiador de calor, por ejemplo. En unas variantes, el gas de síntesis enfriado en el transcurso de la etapa de enfriamiento 105 se introduce de nuevo en el enfriador, para aumentar el rendimiento de esta etapa 105.

15

20

Ventajosamente, la etapa de enfriamiento 105 se realiza gracias a un lavado (denominado "quenching", en inglés) del gas de síntesis con agua enfriada. El lavado permite la condensación del vapor de agua y de los alquitranes pesados presentes en el gas de síntesis. El residuo del lavado se trata a continuación, por decantación. El enfriamiento se realiza a una temperatura de entre 5 °C y 30 °C y preferiblemente, de entre 5 y 10 °C. La presión de funcionamiento del lavado se realiza con una ligera sobrepresión con respecto a la atmósfera y a una presión cercana a la presión del reactor de gasificación que produce el gas de síntesis.

25

El gas de síntesis se enfría entre 5 °C y 30 °C en el transcurso de la etapa de enfriamiento 105. Preferiblemente, el gas de síntesis se enfría entre 5 °C y 10 °C.

Los productos procedentes de la etapa de enfriamiento 105 se separan a continuación por decantación. El agua se reutiliza preferiblemente para la etapa de enfriamiento 105, después del enfriamiento, y se eliminan los alquitranes pesados.

30

En unos modos de realización, el procedimiento 10 incluye una etapa 160 de enfriamiento del agua de decantación, procedente de la etapa de separación 155, entre 5 °C y 30 °C, utilizándose el agua de decantación enfriada para la etapa de enfriamiento 105 del gas de síntesis.

En unas variantes, en el transcurso de la etapa de enfriamiento 160 del agua, el agua de decantación procedente de la etapa de separación 155 se enfría a entre 5 °C y 10 °C.

35

La etapa de adsorción 110 se realiza, por ejemplo, mediante la implementación de al menos un lecho de adsorción que incluye, por ejemplo, carbonos activos, zeolitas o adsorbentes poliméricos. La temperatura de este lecho se elige para permitir una fuerte adsorción de alquitranes ligeros e impurezas inorgánicas transportadas por el gas de síntesis a la salida de la etapa de enfriamiento 105. En el transcurso de esta etapa de adsorción 110, el gas de síntesis a la salida de la etapa de enfriamiento 105 pasa a través del lecho de adsorción para recoger los alquitranes y compuestos inorgánicos transportados por el gas de síntesis. En particular, este modo de realización del procedimiento 10 objeto de la presente invención incluye una pluralidad de etapas de adsorción 110 realizadas, por ejemplo, colocando en serie o en paralelo lechos de adsorción. Esta pluralidad de etapas de adsorción 110 permite una mayor flexibilidad del procedimiento de purificación 10. En unos modos de realización, el procedimiento 10 implementa al menos dos lechos de adsorción. Mientras que uno de estos lechos realiza la adsorción en el gas de síntesis, al menos otro lecho realiza la etapa de regeneración 120. En unos modos de realización preferibles, el procedimiento 10 implementa tres lechos de adsorción. Mientras que uno de estos lechos realiza la adsorción en el gas de síntesis, otro lecho realiza la etapa de desorción 125 y el tercer lecho realiza la etapa de enfriamiento 130.

40

45

La etapa de regeneración de un lecho de adsorción 120 se realiza, por ejemplo, realizando una etapa de desorción 125 de un lecho de adsorción saturado. Esta etapa de desorción 125 se realiza, por ejemplo, para los compuestos orgánicos, mediante la disminución de la presión y el aumento de la temperatura a la que está expuesto el lecho de adsorción. También se introduce vapor de agua, calentado, por ejemplo, a 140 °C, en un medio de desorción en el que se realiza la etapa de desorción 125.

50

La etapa de regeneración 120 se realiza inyectando un fluido caliente contra cada uno de dichos lechos de adsorción. El fluido caliente es vapor sobrecalentado a una temperatura comprendida entre 110 °C y 250 °C y con un flujo volumétrico de vapor sobrecalentado 3 a 5 veces inferior a un flujo volumétrico de gas de síntesis, o el fluido caliente

55

es un gas puro o una mezcla de gases elegidos de entre CO₂, CH₄, H₂, CO a una temperatura comprendida entre 110 °C y 250 °C y con un flujo volumétrico de gas 3 a 5 veces inferior a un flujo volumétrico de gas de síntesis.

El caudal considerado en el presente documento es el caudal del gas de síntesis que se va a tratar mediante el procedimiento 10.

- 5 En unos modos de realización, una parte de los productos procedentes de la etapa de regeneración 120 se usa para la decantación 135 del gas de síntesis.

En unos modos de realización, la regeneración 120 del lecho de adsorción se realiza inyectando un gas inerte en el lecho de adsorción.

- 10 El procedimiento 10 incluye una etapa 130 de enfriamiento del lecho en el que se ha realizado la etapa de desorción 125. La etapa de desorción 125 se realiza inyectando vapor de agua sobre el lecho de adsorción. Esta inyección conlleva un aumento de la temperatura del lecho más allá de la temperatura de funcionamiento del lecho en la adsorción del gas de síntesis. La etapa de enfriamiento 130 del lecho, después de la etapa de desorción 125 es por lo tanto necesaria.

- 15 El enfriamiento del lecho de adsorción se realiza inyectando un gas inerte para preservar las características fisicoquímicas del lecho. Por ejemplo, se inyecta un flujo de CO₂ en el lecho, contracorriente o equicorriente.

- 20 La etapa de desorción 125 produce, a la salida, vapor de agua, así como alquitranes ligeros. El agua y los alquitranes ligeros se envían entonces hacia un tanque de decantación para separar el agua de los alquitranes ligeros. El agua se puede reutilizar luego para enfriar el gas de síntesis, después del enfriamiento. Los alquitranes ligeros, incluyendo el benceno, el tolueno y los xilenos, se inyectan a continuación en el tanque de decantación 135 de impurezas orgánicas pesadas y del agua proveniente del enfriamiento del gas de síntesis. La adición de alquitranes ligeros permite una fluidificación de la mezcla y evitar la formación de una emulsión corriente en los tanques de decantación.

- 25 En unos modos de realización, el procedimiento 10 implementa un único lecho de adsorción. En estos modos de realización, el lecho de adsorción primero realiza la etapa de adsorción 110, luego, cuando este lecho está saturado, se interrumpe la entrada de gas de síntesis en el lecho. El lecho de adsorción realiza a continuación la etapa de regeneración 120 que incluye, asimismo, la etapa de desorción 125 y luego la etapa de enfriamiento 130. Una vez enfriado, la entrada de gas de síntesis se activa y el lecho realiza una nueva etapa de adsorción 110.

En otros modos de realización, el procedimiento 10 implementa dos lechos de adsorción. En estas configuraciones, mientras un lecho realiza la etapa de adsorción 110, el otro lecho realiza la etapa de regeneración 120.

- 30 En unos modos de realización preferibles, el procedimiento 10 implementa tres o más lechos de adsorción. En estas configuraciones, mientras un lecho realiza la etapa de adsorción 110, un segundo lecho realiza la etapa de desorción 125 de la etapa de regeneración 120 y un tercer lecho realiza la etapa de enfriamiento 130 de la etapa de regeneración 120.

En unos modos de realización, el procedimiento 10 no incluye una etapa de enfriamiento 130.

- 35 La etapa de permutación 140 se realiza, por ejemplo, mediante la implementación de un conmutador configurado para controlar la realización de la etapa de enfriamiento 130 en un lecho en el que se ha realizado la etapa de desorción 125.

- 40 La etapa de decantación 135 de alquitranes se realiza, por ejemplo, mediante la implementación de un decantador. Esta etapa de decantación 135 incluye una etapa de inyección de un líquido de lavado o de fluidificación, como, por ejemplo, éster metílico de colza, HAN (acrónimo anglosajón de "Heavy Aromatic Naphta", traducido como "nafta aromática pesada") o uno de los alquitranes ligeros obtenidos por desorción de los lechos de adsorción. Este líquido de lavado acelera la decantación de los alquitranes. Los alquitranes decantados provienen de la etapa de enfriamiento 105. Los alquitranes pesados están acompañados de agua condensada también en el transcurso de la etapa de enfriamiento 105.

- 45 La etapa de enfriamiento 145 de los productos de desorción se realiza, por ejemplo, con agua enfriada a una temperatura inferior a 30 °C y más concretamente, a una temperatura inferior a la temperatura del punto de rocío de los alquitranes pesados.

La etapa de separación 150 de los productos de desorción enfriados se realiza, por ejemplo, mediante la implementación de un separador o decantador para el agua y los alquitranes ligeros.

- 50 La etapa de separación 150 ventajosamente viene seguida de una etapa de utilización de agua para la etapa de enfriamiento 105, y de una etapa de utilización de los alquitranes ligeros en el decantador de agua/alquitranes ligeros.

La etapa de permutación 115 se realiza, por ejemplo, implementando un conmutador o una válvula de tres vías, que se configura para alimentar a un lecho de adsorción no saturado con el gas de síntesis que sale de la etapa de enfriamiento 105. Cuando un lecho de adsorción está saturado, el conmutador cierra una válvula de inyección de gas

de síntesis en ese lecho de adsorción y abre una válvula de inyección de gas de síntesis de otro lecho de adsorción, no saturado. Cuando una válvula de inyección se cierra de este modo, se inicia una etapa de regeneración 120 del lecho de adsorción.

5 La etapa de permutación 115 permite el tratamiento del gas de síntesis de manera continuada a la vez que permite proceder a la regeneración de cada uno de los otros lechos de adsorción saturados de manera simultánea al tratamiento del gas. Por extensión, esta etapa de permutación 115 permite multiplicar los circuitos de tratamiento en paralelo. Por ejemplo, como se describe en la figura 2, el procedimiento 10 puede incluir tres lechos de adsorción en paralelo: un lecho en fase de adsorción y dos lechos en fase de regeneración.

10 En unos modos de realización que incluyen tres lechos, una secuencia de implementación del procedimiento 10 podría ser, por ejemplo:

- alimentar con un gas de síntesis un primer lecho de adsorción hasta que el primer lecho esté saturado,
- cuando el primer lecho está saturado, la entrada de gas de síntesis se dirige hacia un segundo lecho de adsorción y se realiza una etapa de desorción de una etapa de regeneración en el primer lecho,
- 15 - cuando el segundo lecho está saturado, la entrada del gas de síntesis se dirige hacia un tercer lecho de adsorción, se realiza una etapa de enfriamiento en el primer lecho y se realiza una etapa de desorción de una etapa de regeneración en el segundo lecho,
- cuando el tercer lecho está saturado, la entrada de gas de síntesis se dirige hacia el primer lecho regenerado, se realiza una etapa de enfriamiento en el segundo lecho y una etapa de desorción en el tercer lecho.

20 Una vez que esta fase de inicialización se ha realizado, se sustituye cada lecho que alcanza la saturación por un lecho regenerado.

Se observa, en la figura 2, un modo de realización particular del dispositivo de tratamiento de un gas de síntesis proveniente de un medio de gasificación de biomasa. Este dispositivo incluye:

- un enfriador 205 que incluye:
 - una entrada 210 para el gas de síntesis proveniente del medio de gasificación, no representado;
 - 25 - una salida 215 para el gas de síntesis enfriado;
 - una salida 220 para los alquitranes pesados y para el agua y
 - una entrada 225 para el líquido de enfriamiento;
- unos medios 230, 230' y 230" de adsorción, directamente a la salida del enfriador 205, del gas de síntesis enfriado por un lecho de adsorción que incluye:
 - 30 - una entrada 235 para el gas de síntesis enfriado;
 - una salida para el gas sintético purificado y para el agua y los alquitranes ligeros y
- un medio de permutación 245 entre un medio de adsorción saturado y un medio de adsorción regenerado, que comprende asimismo una entrada 255 de líquido de desorción,
- un medio de separación 245' entre los alquitranes ligeros y el gas sintético purificado que incluye una salida 35 240 para el gas sintético purificado y una salida 260 para el agua y los alquitranes ligeros,
- un separador 297 que incluye un medio de decantación 275 del agua y de los alquitranes pesados, procedentes del enfriador, del gas de síntesis que incluye:
 - una salida 280 de agua;
 - 40 - una entrada 285 de líquido de lavado y
 - una entrada 290 de agua y alquitranes pesados,
- un medio de enfriamiento 295 del agua que sale del medio de decantación 275 y
- un medio de regeneración, 255 y 260, de al menos un lecho de adsorción por desorción modulada por temperatura.

45 El enfriador 205 es, por ejemplo, una columna empacada, una torre de bandejas, de proyección térmica ("spray", en inglés) o de efecto Venturi. Este enfriador 205 puede asociarse a un intercambiador de calor o a un medio de refrigeración del enfriador 205. Este enfriador 205 disminuye la temperatura del gas de síntesis para una presión dada, por ejemplo, la presión atmosférica, de manera que se alcance la temperatura del punto de rocío de los alquitranes. Este enfriador 205 incluye una entrada 210 para el gas de síntesis proveniente del medio de gasificación, que es, por ejemplo, una válvula de inyección del gas de síntesis en el enfriador 205. A la entrada del enfriador 205, el gas de 50 síntesis está, por ejemplo, a una temperatura comprendida entre 100 °C y 250 °C. Este enfriador 205 también incluye una salida 215 para el gas de síntesis enfriado que es, por ejemplo, una válvula de evacuación del gas de síntesis condensado. A la salida del enfriador 205, el gas de síntesis enfriado está a una temperatura comprendida entre 5 °C y 30 °C y preferiblemente, entre 5 °C y 10 °C. El enfriador 205 incluye, además, una salida 220 para alquitranes pesados y agua que es, por ejemplo, una válvula de evacuación. Estos alquitranes pesados y esta agua son el resultado de la condensación del gas de síntesis introducido y correspondiente a las impurezas que se deben eliminar 55

5 para aumentar el rendimiento del gas de síntesis. Por último, este enfriador 205 incluye una entrada 225 de agua que es, por ejemplo, una válvula de inyección de agua en el enfriador 205 que permite reducir la temperatura interna del enfriador 205. Esta entrada de agua 225 también permite aumentar la humedad del gas de síntesis condensado que sale. En unas variantes, la salida 215 del gas de síntesis condensado vuelve en bucle a la entrada 210 de gas de síntesis con el fin de aumentar el rendimiento del enfriador 205.

Cabe observar que, si el líquido utilizado en el enfriador 205 es ventajosamente agua, este líquido se puede sustituir con un aceite térmico o con cualquier otro líquido de lavado cuyas características sean compatibles con la presente aplicación.

10 El medio de adsorción 230 es, por ejemplo, un lecho de adsorción atravesado por el gas de síntesis enfriado para recoger los alquitranes ligeros y los compuestos inorgánicos transportados por el gas de síntesis. Este lecho de adsorción incluye, por ejemplo, carbonos activos, zeolitas o adsorbentes poliméricos. La temperatura de este lecho está configurada para permitir una fuerte adsorción de los alquitranes ligeros transportados por el gas de síntesis a la salida del enfriador 205. Además, la temperatura de este lecho se elige para permitir una condensación mínima de los alquitranes transportados. Preferiblemente, el lecho de adsorbente utiliza carbonos activos. Los carbonos activos
15 tienen, por una parte, una gran afinidad con los compuestos orgánicos, como los alquitranes, por ejemplo, y, por otra parte, una capacidad de adsorción con respecto al sulfuro de hidrógeno. Ahora bien, el sulfuro de hidrógeno puede alcanzar hasta un 3 % en masa del gas de síntesis, en condiciones de presión y temperatura cercanas a las condiciones de la atmósfera ambiente. Las condiciones operativas de este lecho de adsorción son, por una parte, una temperatura comprendida entre 5 °C y 30 °C y preferiblemente, entre 5 °C y 10 °C y, por otra parte, una presión similar
20 a la presión atmosférica. Este medio de adsorción 230 incluye una entrada 235 de gas de síntesis enfriado que es, por ejemplo, una válvula de inyección del gas de síntesis en el lecho de adsorción. Este medio de adsorción 230 incluye, además, una salida para el gas de síntesis purificado, el agua y los alquitranes ligeros con los que se puede alimentar un medio de metanización no representado.

25 Ventajosamente, el dispositivo incluye una pluralidad de lechos de adsorción colocados en serie o en paralelo. En otras variantes preferiblemente utilizadas y representadas en la figura 2, el dispositivo 10 incluye una pluralidad de lechos de adsorción utilizados alternativamente. De esta manera, cuando un lecho de adsorción está saturado de impurezas, el medio de permutación 245 permuta la inyección de gas de síntesis desde un lecho de adsorción saturado a un lecho de adsorción regenerado. De manera más general, este medio de permutación 245 es un conmutador configurado para dirigir el flujo de gas de síntesis condensado hacia al menos un lecho de adsorción no saturado.
30 Cuando un lecho de adsorción está saturado, el medio de permutación 245 cierra la válvula de inyección 235 de gas de síntesis hacia este lecho de adsorción, y se inicia un proceso de regeneración de este lecho de adsorción. En unos modos de realización preferibles, el dispositivo 10 incluye tres lechos de adsorción.

El dispositivo 20 incluye un separador 297 entre el agua y los alquitranes ligeros. Este separador 297 incluye un decantador 275 que incluye una salida 299 para el agua y una salida (no representada) para los alquitranes ligeros.

35 La desorción de un lecho de adsorción 230 se realiza inyectando un fluido de desorción adaptado para lixiviar las impurezas adheridas al lecho de adsorción. Preferiblemente, la desorción del lecho de adsorción 230 se efectúa inyectando vapor sobrecalentado a una temperatura comprendida entre 110 °C y 250 °C y con un flujo volumétrico de vapor sobrecalentado 3 a 5 veces inferior al flujo volumétrico de gas de síntesis. De este modo, la desorción se realiza en un tiempo inferior o igual al tiempo de saturación del lecho de adsorción.

40 El dispositivo 20 incluye, además, un decantador 305 adicional para alquitranes pesados procedentes del enfriador 205.

También se puede utilizar otros fluidos gaseosos, como un gas puro o una mezcla de gases elegidos de entre CO₂, CH₄, H₂, CO a una temperatura comprendida entre 110 °C y 250 °C y con un flujo volumétrico de gas 3 a 5 veces inferior al flujo volumétrico del gas de síntesis.

45 El medio de permutación 245 incluye una entrada 255 para vapor de agua que es, por ejemplo, una válvula de inyección de vapor de agua calentada a 140 °C. Los lechos de adsorción están provistos de una salida 260 para alquitranes ligeros y para vapor de agua que es, por ejemplo, una válvula de evacuación de alquitranes ligeros y vapor de agua accionada de conformidad con el medio de permutación 245.

50 En unas variantes, después de que un lecho de adsorción se haya sometido a una desorción, este lecho se enfría a continuación gracias a un medio de enfriamiento, como, por ejemplo, un intercambiador térmico o inyectando un gas inerte en el lecho de adsorción, preferiblemente CO₂, que evita picos de degradación de la calidad del gas de síntesis. En estas variantes, el dispositivo 10 también puede incluir un medio de permutación entre un lecho que haya sido sometido a una desorción y un lecho que se haya sometido a un enfriamiento. Este medio de permutación es, por ejemplo, un medio de control configurado para controlar la desorción o el enfriamiento de un lecho. En otras
55 variaciones, cada lecho de adsorción realiza el ciclo de adsorción, desorción y luego enfriamiento de manera que un solo lecho realice, en un momento dado, una de las etapas de este ciclo.

El medio de decantación 275 es, por ejemplo, un tanque de decantación que permite eliminar los alquitranes. Este medio de decantación 275 también incluye una entrada 290 de agua y de alquitranes pesados procedentes del

enfriador 205 que es, por ejemplo, una válvula de inyección. Este medio de decantación 275 incluye, además, una entrada 285 de líquido de lavado que es, por ejemplo, una válvula de inyección de éster metílico de colza. Este medio de decantación 275 incluye, por último, una salida 280 de agua que es, por ejemplo, una válvula de evacuación de agua del tanque de decantación.

- 5 El dispositivo incluye, asimismo, un medio de enfriamiento 295 del agua que sale del medio de decantación 275, que es, por ejemplo, un intercambiador de calor configurado para bajar la temperatura del agua de 30 °C a 20 °C y preferiblemente, entre 5 °C y 10 °C. A continuación, esta agua retorna a la entrada de agua 225 del enfriador 205.

- 10 El procedimiento aportado como ilustración de la invención está particularmente adaptado para la producción de gas de síntesis a partir de biomasa. No obstante, este procedimiento puede adaptarse fácilmente a la purificación de gas de síntesis proveniente de la gasificación de otros medios, incluyendo el carbón.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de tratamiento (10) de un gas de síntesis proveniente de una etapa de gasificación, caracterizado por que incluye:
 - 5 - una etapa de condensación (105) de impurezas orgánicas pesadas y de agua mediante el enfriamiento del gas de síntesis,
 - una etapa de adsorción (110), a la salida de la etapa de enfriamiento, de impurezas orgánicas ligeras y de impurezas inorgánicas mediante al menos un lecho de adsorción (230),
 - una etapa de separación (155) por decantación (135) del agua y de los alquitranes pesados procedentes de la etapa de enfriamiento (105) del gas de síntesis y
 - 10 - una etapa de regeneración (120) de al menos un lecho de adsorción (230) por desorción modulada por temperatura que incluye una etapa de inyección de un gas caliente contra cada dicho lecho de adsorción, siendo el gas caliente vapor sobrecalentado o un gas puro o una mezcla de gases elegidos de entre CO₂, CH₄, H₂, CO a una temperatura comprendida entre 110 °C y 250 °C y con un flujo volumétrico de vapor sobrecalentado o gas 3 a 5 veces inferior a un flujo volumétrico de gas de síntesis.
- 15 2. Procedimiento (10) según la reivindicación 1, que incluye una etapa de enfriamiento (160) del agua de decantación, procedente de la etapa de separación (155), entre 5 °C y 30 °C, utilizándose el agua de decantación enfiada para la etapa de enfriamiento (105) del gas de síntesis.
3. Procedimiento (10) según la reivindicación 2, en el que, en el transcurso de la etapa de enfriamiento (160) del agua, el agua de decantación procedente de la etapa de separación (155) se enfría entre 5 °C y 10 °C.
- 20 4. Procedimiento (10) según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que una parte de los productos procedentes de la etapa de regeneración (120) se utiliza en la etapa de separación (155) por decantación.
5. Procedimiento (10) según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la etapa de regeneración (120) se efectúa de manera simultánea, al menos parcialmente, a la etapa de adsorción (110).
- 25 6. Procedimiento (10) según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la etapa de regeneración incluye una etapa de enfriamiento de un lecho de adsorción (230) que se efectúa de manera simultánea, al menos parcialmente, a la etapa de adsorción (110) y de manera simultánea, al menos parcialmente, a la etapa de desorción (125) de un lecho de adsorción (230).
7. Procedimiento (10) según una de las reivindicaciones 1 a 6, que incluye una etapa de permutación (115) entre un primer lecho de adsorción (230) que realiza la etapa de adsorción (110) y al menos un segundo lecho de adsorción (230', 230'') que realiza una etapa de regeneración (120).
- 30 8. Procedimiento (10) según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la regeneración (120) del lecho de adsorción se realiza inyectando un gas inerte en el lecho de adsorción.

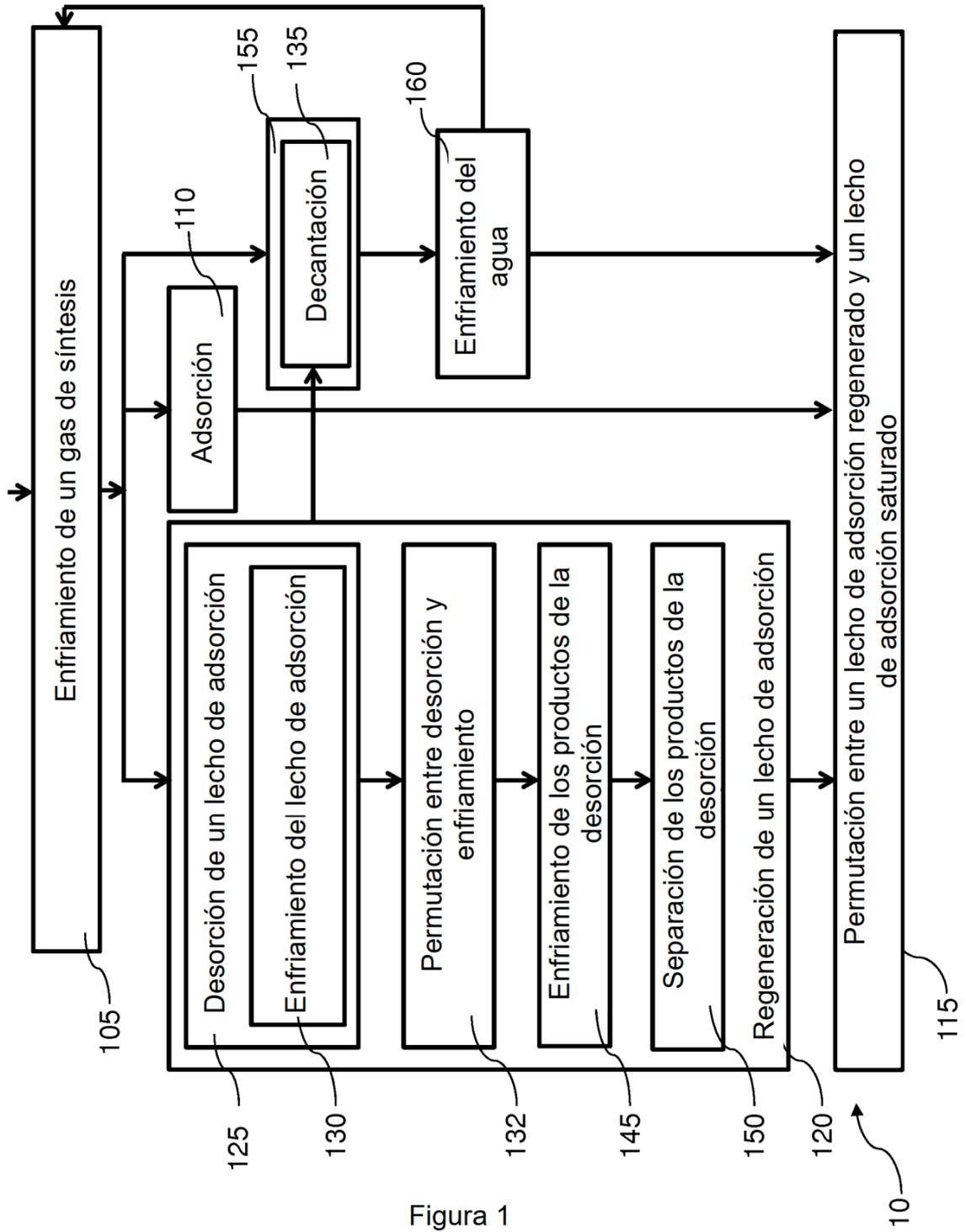


Figura 1

