

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 713 574**

51 Int. Cl.:

B01J 8/02 (2006.01)

B01J 19/24 (2006.01)

C10L 3/08 (2006.01)

C07C 1/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.12.2012 PCT/EP2012/005053**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.06.2013 WO13091788**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2012 E 12809592 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 2794084**

54 Título: **Reactor de metanización con un dispositivo de lavado**

30 Prioridad:

22.12.2011 DE 102011121930

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

22.05.2019

73 Titular/es:

**HITACHI ZOSEN INOVA ETOGAS GMBH (100.0%)
Industriestrasse 6
70565 Stuttgart, DE**

72 Inventor/es:

BUXBAUM, MARTIN

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 713 574 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

Reactor de metanización con un dispositivo de lavado

5 La invención se refiere a un reactor para la metanización catalítica de una mezcla de gases que contiene dióxido de carbono e hidrógeno, con un tanque del reactor, un catalizador (lecho de catalizador) dispuesto en el mismo en un recorrido de flujo principal que discurre desde una entrada del reactor para la mezcla de gases hasta una salida del reactor para la mezcla de gases metanizada y al menos una zona que se encuentra en el tanque del reactor alejada del recorrido de flujo principal, que, no obstante, está abierta hacia el recorrido de flujo principal para la mezcla de gases en un lado de afluencia. El reactor presenta un dispositivo de lavado para lavar el reactor con un gas de lavado. La invención se refiere además a un procedimiento para operar un reactor de este tipo.

15 Un reactor conocido de este tipo es, por ejemplo, un reactor de lecho fijo, con un catalizador que preferentemente contiene níquel para catalizar la reacción de metanización. Durante la operación del reactor, la mezcla de gases se introduce en el tanque del reactor por la entrada del reactor, se conduce a lo largo del recorrido de flujo principal a través del tanque del reactor hacia la salida del reactor y se metaniza mediante el catalizador dispuesto en el recorrido de flujo principal.

20 En el interior del tanque del reactor también existen zonas que se encuentran alejadas del recorrido de flujo principal, aunque, no obstante, existe una conexión de fluidos entre el recorrido de flujo principal y las zonas alejadas, de forma que, durante la operación del reactor, la mezcla de gases también puede fluir hacia las zonas alejadas y llenarlas al menos parcialmente. En otras palabras, las zonas alejadas están abiertas hacia el recorrido de flujo principal y son accesibles desde el recorrido de flujo principal para la mezcla de gases por un lado de afluencia.

25 Se pueden conectar dos o más reactores de este tipo uno tras otro, que entonces son atravesados sucesivamente por la mezcla de gases. La mezcla de gases introducida en el tanque del reactor puede presentar, además de hidrógeno y dióxido de carbono, que se introducen en una relación estequiométrica esencialmente adecuada para producir metano, también partes de vapor de agua, monóxido de carbono, metano, otros hidrocarburos, así como impurezas en forma de diversos componentes secundarios y gases inertes (p. ej. N₂). La mezcla de gases se conduce a una temperatura preestablecida y una presión preestablecida a través del tanque del reactor, en el cual a continuación tienen lugar los siguientes procesos que, en suma, producen CH₄:

1) $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$, la denominada "water-gas shift reaction"

35 2) $\text{CO} + 3 \text{H}_2 \leftrightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$, la metanización de CO y

3) $\text{CO}_2 + 4 \text{H}_2 \leftrightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$, la metanización de CO₂.

40 De este modo se obtiene un porcentaje de metano determinado en la mezcla de gases metanizada que sale por la salida del reactor. Para un aumento adicional del contenido de metano, la mezcla de gases puede introducirse en un segundo reactor, tal que de la mezcla de gases que sale del segundo reactor se elimina agua con medios conocidos y se eliminan reactantes, dado el caso, en exceso, para obtener un gas de producto con más del 90 % de contenido de metano. El gas de producto rico en metano generado con la ayuda de dichos reactores puede alimentarse como gas natural "sintético" a diferentes aplicaciones en caso de un contenido de metano correspondientemente elevado. En el documento WO 2011/076315 se dan a conocer detalles sobre el correspondiente procedimiento de metanización, cuyo contenido se incluye mediante referencia en este documento.

45 Además de las reacciones anteriormente mencionadas, en el tanque del reactor pueden tener lugar otras reacciones parcialmente no deseadas, que pueden conducir a la generación de productos secundarios e impurezas que luego se depositan en el interior del tanque del reactor. De este modo, por ejemplo, durante la producción de un producto (CH₄ + resto de gas de educto) a partir de un gas de educto existe el peligro continuo de que los compuestos que contienen carbono tiendan a disociar carbono elemental sobre el catalizador, lo que conduce a su desactivación, pudiendo resultar problemático el depósito de carbono sobre el catalizador, sobre los límites del recorrido de flujo principal y/o sobre otra pared interior del tanque del reactor. En el proceso, estos depósitos de carbono no deseados se minimizan ampliamente a través del control del proceso (temperatura, adición de H₂O, composición del gas de educto).

50 Además, con el tiempo, en el tanque del reactor pueden generarse mezclas de gases no definidas. Es conveniente cambiar la mezcla de gases contenida en el tanque del reactor a intervalos regulares o según tiempos de operación del reactor preestablecidos y sustituirla por una mezcla de gases conocida sin productos secundarios y/o impurezas para devolver el reactor nuevamente a un estado exactamente definido.

60 De los documentos DE 2 200 004 A y DE 1 645 840 A se conoce respectivamente un procedimiento para la metanización del denominado gas rico, que se genera mediante disociación de hidrocarburos líquidos evaporables en catalizadores ricos en níquel a temperaturas de aproximadamente 450°C. El gas rico contiene, además de dióxido de carbono, metano e hidrógeno, también monóxido de carbono. El monóxido de carbono puede reaccionar para dar carbono, que se deposita sobre la superficie del catalizador y conduce a la desactivación del catalizador.

Además, los procedimientos de metanización descritos en los documentos DE 2 200 004 A y DE 1 645 840 A requieren una eliminación posterior del dióxido de carbono que no ha reaccionado mediante lavado en una solución acuosa.

Por los motivos mencionados, los reactores conocidos del estado de la técnica presentan regularmente un dispositivo de lavado para lavar el tanque del reactor con un fluido de lavado. El fluido de lavado, generalmente un gas de lavado, se conduce a intervalos regulares y bajo una presión preestablecida por el reactor, y las impurezas, los productos secundarios y/u otros componentes de la mezcla de gases que se han acumulado en el reactor son desplazados del tanque del reactor por el gas de lavado o transportados hacia afuera del reactor por el gas de lavado. En este contexto, el reactor se lava con el gas de lavado hasta que, en lo posible, toda la mezcla de gases contenida en el tanque del reactor ha sido sustituida por el gas de lavado, de forma que el reactor se encuentra nuevamente en un estado exactamente definido. A continuación puede volver a ponerse en funcionamiento el reactor. En el caso ideal, en el que el gas de lavado fluye por el reactor como flujo de pistón, se necesita exactamente el volumen del reactor en gas de lavado para desplazar del tanque del reactor el contenido de gas de la operación previa del reactor.

No obstante, se ha comprobado que los dispositivos de lavado conocidos no trabajan de forma satisfactoria, ya que, a pesar de un lavado regular y prolongado, en el reactor siempre quedan restos del contenido de gas de la operación previa del reactor y, dado el caso, también impurezas y productos secundarios. Incluso si a través del reactor se conduce una cantidad de gas de lavado que supera considerablemente el volumen del reactor, con los dispositivos de lavado conocidos no se desplaza del reactor todo el contenido de gas de la operación previa.

Correspondientemente, el objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un reactor con un dispositivo de lavado mejorado, con el cual puedan transportarse más eficazmente el contenido de gas y los componentes de la mezcla de gases no deseados y, dado el caso, impurezas contenidos en este hacia afuera del tanque del reactor.

Este objetivo se consigue según la invención dotando al dispositivo de lavado de un acceso para introducir el gas de lavado hacia adentro de la zona alejada y/o hacia afuera de la zona alejada, en un lado que no coincide con el lado de afluencia.

La invención se basa en el hecho de que es justamente en las zonas presentes en el interior del tanque del reactor alejadas del recorrido de flujo principal en las cuales la velocidad media de flujo de la mezcla de gases es especialmente baja durante la operación del reactor, de forma que los productos secundarios o impurezas pueden acumularse fácilmente y depositarse en estas zonas. A esto se suma que, en los dispositivos de lavado conocidos, el gas de lavado también se conduce a través del tanque del reactor a lo largo del recorrido de flujo principal para liberar el catalizador allí dispuesto de impurezas y depósitos. Si bien de este modo puede limpiarse y liberarse de depósitos de forma relativamente fiable el recorrido de flujo principal, no obstante, a pesar del lavado, no es posible sustituir toda la mezcla de gases presente en todo el espacio interior del reactor, ya que el gas de lavado apenas entra en las zonas que se encuentran alejadas del recorrido de flujo principal. Esto se debe a que, habitualmente, entre el recorrido de flujo principal y las zonas alejadas solo existen pequeñas aberturas o ranuras. Si se conduce el gas de lavado a lo largo del recorrido de flujo principal, la velocidad de flujo del gas de lavado es correspondientemente muy baja en las zonas alejadas, de forma que allí prácticamente no se forma un flujo de gas y, por tanto, apenas tiene lugar una sustitución del gas.

Mediante el acceso previsto según la invención para conducir el gas de lavado hacia adentro de la zona alejada o hacia afuera de la misma, durante el lavado puede tener lugar una sustitución del gas, justamente en las zonas alejadas reconocidas como problemáticas. Por un lado, la zona alejada está abierta hacia el recorrido de flujo principal por el lado de afluencia, por otro lado, esta presenta el acceso para introducir y/o conducir hacia afuera el gas de lavado, de forma que, en caso de lavado con el gas de lavado, se produce un flujo de gas de lavado a través de la zona alejada. De este modo, la mezcla de gases presente en la zona alejada puede desplazarse y sustituirse eficazmente por el gas de lavado y, simultáneamente, puede reducirse la cantidad de gas de lavado necesaria. Además, el transporte de gas de lavado por el acceso conduce a un tiempo de lavado más corto, lo que, como consecuencia, resulta en una mayor producción de mezcla de gases metanizada. Las zonas alejadas (espacios muertos del reactor) pueden lavarse en su totalidad según la invención.

Los problemas mencionados al comienzo son especialmente relevantes cuando tras el lavado, como es el caso en los procedimientos de metanización tradicionales, no se vuelve a reiniciar inmediatamente la operación del reactor, como es el caso en las reacciones de metanización estandarizadas. Si el reactor permanece en un estado de operación stand-by, la mezcla de gases que se encuentra en las zonas alejadas puede expandirse por todo el reactor. Los efectos del control de proceso mencionado anteriormente no afectan al estado de parada, por lo que es entonces cuando tienen lugar los depósitos de carbono perjudiciales en el catalizador.

Si se lava, por ejemplo, con H_2 , debido al lavado mejorado de los espacios muertos también se reduce el consumo de H_2 necesario para el proceso de lavado.

El dispositivo de lavado presenta preferentemente un recorrido de lavado con un tramo que discurre partiendo del acceso, a través de la zona alejada, hacia el recorrido de flujo principal, a lo largo de la cual el gas de lavado puede conducirse a través del tanque del reactor. Por recorrido de lavado se entiende a continuación aquel recorrido a lo largo del cual puede conducirse el gas de lavado a través del reactor, tal que el recorrido de lavado puede conducir desde uno o varios accesos para introducir el gas de lavado hacia una o varias salidas para conducir el gas de lavado hacia afuera del tanque del reactor, es decir, puede presentar varias ramas de lavado que presentan respectivamente una entrada de gas de lavado y una salida de gas de lavado. Si el recorrido de lavado atraviesa la zona alejada, esta se limpia especialmente bien durante el lavado.

El gas de lavado puede o bien introducirse en la zona alejada a través del acceso o, alternativamente, desviarse de la zona alejada a través del acceso. En el primer caso, el gas de lavado atraviesa la zona alejada en dirección al lado de afluencia y llega luego al recorrido de flujo principal. En el segundo caso, el gas de lavado fluye a través del recorrido de flujo principal en el lado de afluencia hacia la zona alejada y a través de esta en dirección al acceso. En cualquier caso, el gas presente en la zona alejada es desplazado o transportado eficazmente mediante el gas de lavado que fluye a lo largo del tramo.

Una sustitución especialmente eficaz y rápida de la mezcla de gases completa presente en el tanque del reactor es posible cuando el recorrido de lavado presenta una rama de lavado principal que discurre esencialmente a lo largo del recorrido de flujo principal y una rama de lavado secundaria que presenta el tramo. La rama de lavado principal puede discurrir desde la entrada del reactor, a lo largo del recorrido de flujo principal, hacia la salida del reactor. En este caso, el gas de lavado se introduce en el tanque del reactor a través de la entrada del reactor y se conduce hacia afuera a través de la salida del reactor o viceversa. Alternativamente pueden preverse entradas de gas de lavado y/o salidas de gas de lavado independientes a lo largo del recorrido de flujo principal. La rama de lavado secundaria puede discurrir desde el acceso, a través de la zona alejada, hacia la salida del reactor. En este caso, la rama de lavado secundaria coincide por tramos con la rama de lavado principal y discurre por tramos a lo largo del tramo que atraviesa la zona alejada.

En un modo de realización preferente, el tanque del reactor presenta al menos una pared separadora que sobresale en el interior del reactor para conducir el gas de lavado que fluye a través del acceso a lo largo de la rama de lavado secundaria.

De este modo también se produce una reducción de la resistencia en el recorrido de flujo principal. La separación está dispuesta preferentemente de modo que el gas de lavado que fluye a través del acceso debe fluir por una zona parcial lo más grande posible de la zona alejada para llegar al recorrido de flujo principal. De este modo, la zona alejada es atravesada prácticamente en su totalidad por el gas de lavado. Adicional o alternativamente, la pared separadora puede estar dispuesta de forma que los pasos o aberturas presentes entre la zona alejada y el recorrido de flujo principal estén cubiertos al menos parcialmente por la pared separadora, de forma que el gas de lavado fluye al menos en gran parte solo a través de un paso bastante alejado del acceso hacia el recorrido de flujo principal. De este modo puede aumentarse adicionalmente la velocidad de flujo del gas de lavado en la zona alejada.

Si el tanque del reactor presenta varias zonas alejadas, a cada zona alejada se le puede asignar una rama de lavado secundaria propia con acceso y, dado el caso, una pared separadora propia. De este modo es posible un lavado más eficiente y más rápido del tanque del reactor completo.

En un modo de realización especialmente preferente de la invención, el reactor presenta medios para introducir el gas de lavado por la entrada del reactor y por el acceso al tanque del reactor y medios para conducir el gas de lavado hacia afuera del tanque del reactor por la salida del reactor. El gas de lavado puede introducirse entonces por diferentes puntos en el tanque del reactor, no obstante lo atraviesa de forma uniforme en dirección a la salida del reactor. Si existen varios accesos para el gas de lavado, estos están dispuestos en la zona alejada y dimensionados preferentemente de forma que, a través de los accesos y la entrada del reactor, deba introducirse la menor cantidad posible de gas de lavado, preferentemente la cantidad de gas de lavado exacta del volumen del tanque del reactor, para desplazar completamente el contenido de gas presente en el tanque del reactor del tanque del reactor. El contenido de gas a sustituir escapa entonces a través de la salida del reactor. De este modo se reducen la cantidad de gas de lavado necesario para el lavado, así como el tiempo de lavado.

Adicional o alternativamente, el dispositivo de lavado puede presentar un circuito de lavado con una salida para desviar el gas de lavado del recorrido de flujo principal, tal que el gas de lavado desviado puede introducirse en la zona alejada por el acceso. Por ejemplo, si el gas de lavado se introduce a través de la entrada del reactor bajo presión, este fluye por una salida dispuesta cerca de la entrada del reactor, por el circuito de lavado, directamente hacia la zona alejada y vuelve nuevamente al recorrido de flujo principal y no debe introducirse por un conducto de alimentación externo adicional a la zona alejada. Por tanto, en el caso ideal basta con introducir el gas de lavado por un solo lugar al reactor desde fuera, preferentemente por la entrada del reactor, porque este puede fluir a continuación por uno o varios circuitos de lavado "internos", por uno o varios accesos, hacia una o varias zonas alejadas. De este modo pueden ahorrarse costes para conductos de alimentación de gas y asegurarse una presión de gas uniforme en todo el reactor. La diferencia de presión existente en el reactor, causada por pérdidas de presión

internas, contribuye al impulso de flujo en el circuito de lavado. Los conductos internos también pueden discurrir completamente por dentro del tanque del reactor.

5 El dispositivo de lavado presenta preferentemente una o varias válvulas para controlar una cantidad de gas de lavado a conducir por el acceso, la entrada del reactor y/o la salida del reactor. Durante la operación del reactor, las válvulas están habitualmente cerradas, de forma que no entra gas de lavado al tanque del reactor. Además, la presión del gas de lavado puede ajustarse mediante las válvulas. De este modo, el tanque del reactor puede mantenerse a la misma presión durante el lavado que durante la operación del reactor. Además, mediante el correspondiente control de las
10 válvulas pueden ajustarse de forma independiente entre sí las cantidades de gas de lavado a conducir por la rama de lavado principal y por las ramas de lavado secundarias. Por ejemplo, mediante el control de la válvula correspondiente puede atravesarse durante más tiempo con gas de lavado una zona alejada especialmente problemática que otras zonas. En estado operativo se cierran los conductos/circuitos de lavado internos.

15 El acceso puede realizarse en forma de una abertura en una pared exterior del tanque del reactor. Concretamente, una abertura en una pared exterior del tanque del reactor puede fabricarse de forma especialmente sencilla y económica. Además, el acceso es entonces fácilmente accesible desde fuera del tanque del reactor y no hay problema en colocar en la abertura un conducto de alimentación para alimentar el gas de lavado desde fuera a la abertura. Alternativamente, un conducto de alimentación para alimentar el gas de lavado al acceso también puede discurrir por el interior del tanque del reactor, por ejemplo, a lo largo de un lado interior de una pared exterior del
20 tanque del reactor.

25 El gas de lavado es preferentemente un gas inerte y/o un componente de la mezcla de gases. Como gas inerte puede utilizarse, por ejemplo, N_2 . Si se utiliza un componente de la mezcla de gases (H_2) como gas de lavado, no es necesario alimentar un gas adicional como gas de lavado, por lo que se simplifica la estructura del reactor y se prescinde de costes para la alimentación y la conexión de otro gas. Por otro lado, un gas inerte como, por ejemplo, N_2 , tiene la ventaja de que puede adquirirse de forma especialmente económica. También se puede lavar con la mezcla de gases ya metanizada realimentada.

30 En un plano de corte que discurre transversal al recorrido de flujo principal, la forma del contorno exterior de un inserto introducido en el tanque del reactor, que presenta el recorrido de flujo principal, difiere preferentemente de la forma del contorno interior de la pared del tanque del reactor. El tanque del reactor de un reactor según la invención es preferente y esencialmente cilíndrico para soportar la presión interior del reactor, de forma que, en un plano de corte que discurre transversal al recorrido de flujo principal, la forma del contorno interior de la pared exterior del tanque del reactor es esencialmente circular. En el tanque del reactor cilíndrico, el inserto que presenta el recorrido
35 de flujo principal, con un contorno exterior, por ejemplo, cuadrado, puede colocarse de forma que la zona alejada se genera fuera del inserto, en el interior del tanque del reactor. Un tanque de reactor de forma cilíndrica es especialmente resistente a la presión y fácil de fabricar. Por otro lado, el inserto que presenta el recorrido de flujo principal presenta regularmente una sección cuadrada en un plano que discurre transversal al eje del cilindro del tanque del reactor, ya que habitualmente está formado por placas o similares que, por un lado, pueden servir para la disipación de calor, entre las cuales, por otro lado, está dispuesto el catalizador y entre las cuales discurre el recorrido de flujo principal. Las zonas alejadas presentes fuera del inserto en el tanque del reactor forman un espacio de compensación entre la pared exterior del tanque del reactor y el inserto, de forma que el inserto puede retirarse sin problemas del tanque del reactor para fines de limpieza y/o mantenimiento. Gracias a esta estructura geométrica, también el lecho de catalizador puede sustituirse fácilmente tras su desactivación y el recorrido de flujo
40 principal puede mantenerse a la temperatura adecuada.

45 Como reactor de metanización es especialmente adecuado un reactor de placas. El inserto que presenta el recorrido de flujo principal en un reactor de placas está compuesto por placas enfriadas internamente con agua a presión, que disipan eficientemente el calor de reacción. Es ventajoso por la elevada transferencia de calor (ebullición en las placas), el sencillo llenado del catalizador y el flujo uniforme. Además, el reactor de placas puede utilizarse de forma especialmente eficiente en los rangos de presión y temperatura necesarios para la reacción de metanización. No obstante, alternativamente, el reactor según la invención puede ser otro tipo de reactor.

50 La invención se refiere además a un procedimiento, según la reivindicación 12, para operar un reactor conforme a la invención, según la reivindicación 1, en el que el reactor pasa de un estado operativo, en el que una mezcla de gases se conduce a lo largo de un recorrido de flujo principal a través del reactor mientras se metaniza, a un estado de lavado, en el que se conduce un gas de lavado a través del reactor. Según la invención, el gas de lavado se conduce a través de una zona alejada del recorrido de flujo principal. Este es introducido por un acceso a la zona alejada, la atraviesa en dirección a un lado de afluencia que conduce al recorrido de flujo principal y llega entonces al recorrido de flujo principal. También sería posible una dirección de flujo contraria del gas de lavado.
55

60 Mediante la conducción del gas de lavado a través de la zona alejada, el contenido de gas presente en esta zona es desplazado eficazmente del tanque del reactor y de este modo se hace posible una sustitución del contenido de gas del tanque del reactor utilizando una cantidad pequeña de gas de lavado.
65

Adicionalmente, el gas de lavado puede dirigirse a lo largo del recorrido de flujo principal a través del reactor. El gas

de lavado fluye entonces tanto a lo largo del recorrido de flujo principal, como también a través de la zona alejada del recorrido de flujo principal, de forma que todo el contenido de gas de la operación previa del reactor es desplazado del tanque del reactor y sustituido por el gas de lavado.

5 Alternativa o adicionalmente, el gas de lavado que fluye a lo largo del recorrido de flujo principal se desvía del recorrido de flujo principal y se conduce a la zona alejada. De este modo se forma prácticamente un circuito de lavado interno, de forma que el gas de lavado solo se introduce en el tanque del reactor en un punto, aunque, no obstante, alcanza eficazmente también aquellas zonas alejadas que apenas son atravesadas directamente por el gas de lavado desde el recorrido de flujo principal.

10 Es posible acortar la duración del lavado, es decir, el periodo durante el cual el reactor se encuentra en estado de lavado y aumentar el rendimiento de producción de mezcla de gases metanizada si el reactor en el estado de lavado se mantiene aproximadamente a la misma presión y/o bien a la misma temperatura que en estado operativo.

15 El procedimiento se puede operar de forma que, en función de la disponibilidad del componente de partida H_2 , el reactor se conmuta intermitentemente entre operación normal y stand-by. Preferentemente se realiza un ciclo de lavado después de cada intervalo de operación normal. La conmutación puede tener lugar varias veces por semana, de media también una o varias veces por día. El tiempo de stand-by puede estar en el rango de más de 30 min, pero también en el rango de varias horas.

20 De este modo, la invención también da a conocer directamente el uso de un reactor en un procedimiento intermitente de este tipo y su uso en una instalación de metanización de operación intermitente.

25 En la siguiente descripción se explica la invención a modo de ejemplo en relación a la figura. La única figura muestra:

a la izquierda, un modo de realización del reactor según la invención como una mitad de una vista en corte en una representación esquemática, tal que la derecha muestra la otra mitad de una estructura de reactor tradicional.

30 La figura muestra a la izquierda el modo de realización del reactor según la invención en un plano de corte que discurre en paralelo al recorrido -18- de flujo principal a través del tanque -12- del reactor. Ambas líneas -A-, -A- se encuentran en realidad una sobre la otra, aunque a la derecha de la línea -A- derecha no está representado el modo de realización sino un reactor tradicional.

35 La figura muestra un reactor de placas, aunque, no obstante, la invención no está limitada a este tipo de reactor. El tanque -12- del reactor presenta en su conjunto una forma cilíndrica, tal que en el tanque -12- del reactor cilíndrico está introducido un inserto (no mostrado) con sección cuadrada, formado por placas y que presenta el recorrido -18- de flujo principal. El lecho de catalizador se crea vertiendo el material del catalizador entre las placas, cuya caída se evita mediante un filtro en forma de rejilla.

40 Debido a las diferentes formas geométricas del inserto y el tanque -12- del reactor, en el interior del tanque -12- del reactor se forman zonas -32-, -34- alejadas del recorrido -18- de flujo principal, a las que puede acceder la mezcla de gases durante la operación del reactor pero en las cuales, no obstante, la mezcla de gases se encuentra prácticamente en reposo y no fluye debido a la falta de flujo de gas.

45 El reactor sirve para metanizar catalíticamente una mezcla de gases que contiene dióxido de carbono e hidrógeno, que es introducida en el tanque -12- del reactor por una entrada -14- del reactor, fluye a lo largo del recorrido -18- de flujo principal a través del tanque -12- del reactor y abandona el tanque -12- del reactor como mezcla de gases metanizada por una salida -16- del reactor. El recorrido -18- de flujo principal no discurre necesariamente por un camino directo desde la entrada -14- del reactor hasta la salida -16- del reactor, sino a lo largo de un canal de reacción predeterminado por las placas, en el cual está dispuesto un catalizador que contiene níquel para catalizar la reacción de metanización. La estructura precisa del inserto que presenta las placas y el catalizador, así como el trayecto del recorrido de flujo principal a lo largo del cual tiene lugar la reacción de metanización, se corresponden con la estructura de las disposiciones de reactor conocidas y son conocidas para el experto. Las placas se realizan, en particular, con pared doble, tal que por el espacio interior de las placas fluye agua a presión para disipar el calor de reacción exotérmico.

50 Además de las zonas -32- y -34- descritas anteriormente, alejadas del recorrido -18- de flujo principal, en el interior del reactor pueden generarse diferentes zonas -30-, -36- alejadas adicionales. Las zonas alejadas se caracterizan por que están dispuestas en el espacio interior del tanque del reactor alejadas del recorrido -18- de flujo principal, aunque, no obstante, están abiertas para la mezcla de gases hacia el recorrido -18- de flujo principal, ya que no es posible realizar de forma práctica una delimitación hermética de estas zonas que soporte la presión de servicio dentro del tanque a presión. Por ejemplo, la zona -30- alejada mostrada en la figura está abierta hacia el recorrido -18- de flujo principal por el lado -40- de afluencia. Las zonas -32- y -34- alejadas están abiertas hacia el recorrido -18- de flujo principal por los lados -42- y -44- de afluencia y la zona -36- alejada está abierta hacia el recorrido -18- de flujo principal por el lado -46- de afluencia. La mezcla de gases entra durante la operación del

reactor a las zonas -30-, -32-, -34-, -36- alejadas pero, como en estas zonas prácticamente no existe un flujo de gas, la mezcla de gases permanece en estas zonas y no fluye. Esto se muestra a modo de ejemplo en la zona -80- en la mitad del reactor que representa el estado de la técnica. De forma correspondiente, en las zonas alejadas pueden acumularse y depositarse impurezas y otros productos secundarios. En particular, la mezcla de gases que permanece allí puede volver a difundirse por todo el espacio interior del reactor desde estas zonas cuando el reactor está desconectado.

El reactor según la invención presenta además un dispositivo -10- de lavado para lavar el tanque -12- del reactor con un gas de lavado. Por un lado, el gas de lavado puede introducirse por la entrada -14- del reactor al tanque -12- del reactor, fluye entonces a lo largo del recorrido -18- de flujo principal en dirección a la salida -16- del reactor y desplaza el contenido de gas presente en el recorrido -18- de flujo principal de la operación previa del reactor. Sin embargo, el contenido de gas presente en las zonas -30-, -32-, -34-, -36- alejadas prácticamente no es desplazado por el gas de lavado que fluye a lo largo del recorrido -18- de flujo principal.

Por este motivo, las zonas -30-, -32- y -36- alejadas del modo de realización mostrado presentan respectivamente un acceso -50-, -52-, -56- para introducir el gas de lavado (por el contrario, en la zona que corresponde a la representación del estado de la técnica no existe dicho acceso). Los accesos -50-, -52- y -56- están dispuestos respectivamente en un lado de las zonas -30-, -32- y -36- alejadas que no coincide con los lados -40-, -42-, -46- de afluencia correspondientes. De este modo, el gas de lavado puede introducirse por los accesos -50-, -52- y -56- a las zonas alejadas respectivas, atravesarlas y desplazar el contenido de gas presente en estas de la operación previa del reactor, y a continuación fluir por los lados de afluencia -40-, -42- y -46- hacia el recorrido -18- de flujo principal. También es posible una dirección de lavado contraria.

Es decir que existen varias ramas -62-, -63-, -64- de lavado, a lo largo de las cuales el gas de lavado fluye por el reactor, tal que la totalidad de todas las ramas -62-, -63-, -64- de lavado se denomina recorrido -60- de lavado. Por tanto, el recorrido -60- de lavado atraviesa prácticamente todo el espacio interior del tanque del reactor.

Cada acceso -50-, -52-, -56- presenta una válvula -20- de control, a través de la cual puede controlarse la cantidad de gas de lavado que se conduce por el acceso. En particular, durante la operación del reactor pueden cerrarse los accesos -50-, -52-, -56- mediante las válvulas -20-.

Básicamente, también son posibles, alternativa o conjuntamente, conductos de lavado independientes externos o también internos (15). Ambas variantes se muestran en la figura. Por tanto, el reactor presenta un circuito -15- de lavado con una salida -17- para desviar el gas de lavado del recorrido -18- de flujo principal. El gas de lavado desviado se introduce a continuación en la zona -32- alejada por el acceso -52-. Es decir que los accesos pueden conectarse con un conducto de alimentación de gas de lavado "externo" (como, por ejemplo, los accesos -50- y -56-) o, alternativamente, se puede conectar a estos una conexión de fluidos "interna", que se puede cerrar mediante una válvula -20-, hacia el recorrido -18- de flujo principal, en forma de un conducto de circuito de lavado. El impulso para el flujo en el circuito -15- de lavado es la pérdida de presión a través del lecho fijo del catalizador, que se genera entre el flujo -17- de entrada y el flujo -52- de salida del circuito de lavado. De este modo puede evitarse una puesta a disposición independiente de una presión aún mayor.

Si el reactor según la invención pasa de un estado operativo, en el que la mezcla de gases se conduce a lo largo del recorrido -18- de flujo principal a través del reactor mientras se metaniza, a un estado de lavado, en el que el gas de lavado se conduce por el reactor, en primer lugar se cierra la alimentación de mezcla de gases a través de la entrada -14- del reactor, y a continuación se introduce gas de lavado al tanque -12- del reactor por la entrada -14- del reactor y/o a través de los accesos -50-, -52-, -56- abriendo una o varias válvulas -20-. Se ha comprobado que, de este modo, solo debe introducirse al reactor poco más que el volumen del tanque del reactor en gas de lavado para desplazar todo el contenido de gas de la operación previa del reactor del tanque -12- del reactor. Es decir que, si se aplica el procedimiento según la invención, por un lado, pueden reducirse la duración del lavado y también la cantidad de gas de lavado, por ejemplo, H_2 necesaria y, por otro lado, asegurarse un lavado eficaz del tanque -12- del reactor.

Las paredes -70- separadoras que sobresalen en el interior del reactor sirven para conducir el gas de lavado que fluye por el acceso -50- a lo largo de un tramo de la rama -63- de lavado secundaria que conduce por la zona -30-, así como para conducir el flujo principal del reactor -12-, que entra por la entrada -14- del reactor, tal que se eviten los espacios -80- muertos, como están representados en el lado contrario. Estos espacios muertos no pueden atravesarse con un flujo de pistón y aumentan por tanto el consumo de gas de lavado. En este caso, la pared -70- separadora está dispuesta de forma que pueda fluir un flujo principal con la menor resistencia posible.

La invención no se limita al modo de realización descrito. El reactor no es necesariamente un reactor de placas. La configuración del tanque -12- del reactor y el trayecto del recorrido -18- de flujo principal pueden realizarse de cualquier modo según sea necesario. No se muestran los medios para ajustar una temperatura necesaria y una presión necesaria para la reacción. La disposición de estos medios es conocida para el experto. Además, pueden disponerse accesos para la alimentación y/o la desviación de gas de lavado solo en una, en varias o en todas las zonas alejadas.

REIVINDICACIONES

1. Reactor para la metanización catalítica de una mezcla de gases que contiene dióxido de carbono e hidrógeno en un estado operativo del reactor, con
- 5 un tanque (12) de reactor,
- un catalizador (22) dispuesto en el mismo en un recorrido (18) de flujo principal que discurre desde una entrada (14) del reactor para la mezcla de gases hasta una salida (16) del reactor para la mezcla de gases metanizada,
- 10 al menos una zona (30) que se encuentra en el tanque del reactor alejada del recorrido (18) de flujo principal, pero que está abierta hacia el recorrido de flujo principal para la mezcla de gases en un lado (42) de afluencia, y
- un dispositivo (10) de lavado para lavar todo el espacio interior del tanque del reactor en un estado de lavado establecido fuera de la operación de metanización, con un gas de lavado que desplaza la mezcla de gases, caracterizado por que
- 15 el dispositivo (10) de lavado presenta un acceso (50, 52, 56) para conducir el gas de lavado hacia adentro de la zona (30, 32, 36) alejada o hacia afuera de la zona (30, 32, 36) alejada, en un lado que no coincide con el lado (40, 42, 46) de afluencia.
- 20 2. Reactor, según la reivindicación 1, caracterizado por que el dispositivo (10) de lavado presenta un recorrido (60) de lavado con un tramo (61) que discurre partiendo del acceso (50), a través de la zona (30) alejada, hacia el recorrido (18) de flujo principal, a lo largo del cual se puede conducir el gas de lavado a través del tanque (12) del reactor.
- 25 3. Reactor, según la reivindicación 2, caracterizado por que el recorrido (60) de lavado presenta una rama (62) de lavado principal que discurre esencialmente a lo largo del recorrido (18) de flujo principal y una rama (63) secundaria que presenta el tramo (61).
- 30 4. Reactor, según la reivindicación 3, caracterizado por al menos una pared (70) separadora que sobresale en el interior del reactor para conducir el gas de lavado que fluye a través del acceso (50) a lo largo de la rama (63) de lavado secundaria.
- 35 5. Reactor, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el gas de lavado puede introducirse en el tanque (12) del reactor por la entrada (14) del reactor y por el acceso (50) y conducirse hacia afuera del tanque del reactor por la salida (26) del reactor.
- 40 6. Reactor, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que, el dispositivo de lavado presenta un circuito (15) de lavado con una salida (17) para desviar el gas de lavado del recorrido (18) de flujo principal, tal que el gas de lavado desviado puede introducirse en la zona (32) alejada por el acceso (52) y, en particular, es impulsado por la diferencia de presión interna en el reactor, que es causada por una pérdida de presión interna.
- 45 7. Reactor, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el dispositivo de lavado presenta una o varias válvulas (20) para controlar una cantidad de gas de lavado a conducir por el acceso (50, 52, 56), la entrada (14) del reactor y/o la salida (16) del reactor.
- 50 8. Reactor, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el acceso (50) está realizado en forma de una abertura en una pared exterior del tanque (12) del reactor.
9. Reactor, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el gas de lavado es un gas inerte y/o un componente de la mezcla de gases.
- 55 10. Reactor, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en un plano de corte que discurre transversal al recorrido (18) de flujo principal, la forma del contorno exterior de un inserto introducido en el tanque (12) del reactor, que presenta el recorrido (18) de flujo principal, difiere de la forma del contorno interior de la pared del tanque del reactor.
- 60 11. Reactor, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el reactor es un reactor de placas.
12. Procedimiento para operar un reactor, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el reactor pasa de un estado operativo, en el que una mezcla de gases se conduce a lo largo de un recorrido (18) de flujo principal a través del reactor mientras se metaniza, a un estado de lavado fuera de la operación de metanización, en el que un gas de lavado que desplaza la mezcla de gases del reactor se conduce a través del reactor, caracterizado por que el
- 65

gas de lavado se conduce a lo largo de una rama (63) de lavado que no coincide con el recorrido (18) de flujo principal y está dispuesta en una zona (30) alejada del recorrido (18) de flujo principal.

5 13. Procedimiento, según la reivindicación 12, caracterizado por que el gas de lavado se conduce adicionalmente a través del reactor a lo largo del recorrido (18) de flujo principal.

10 14. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 12 o 13, caracterizado por que el gas de lavado que fluye a lo largo del recorrido (18) de flujo principal se desvía del recorrido (18) de flujo principal, se conduce por un circuito (15) de lavado y se introduce en la zona (32) alejada.

15. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, caracterizado por que el reactor en estado de lavado se mantiene aproximadamente a la misma presión y/o la misma temperatura que en estado operativo.

