(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 807 473**

(51) Int. CI.:

C01B 3/34 (2006.01)
B01J 19/08 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.10.2016 PCT/EP2016/075815**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **04.05.2017 WO17072181**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2016 E 16787447 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2020 EP 3368473**

(54) Título: **Dispositivo y procedimiento de producción de gas de síntesis**

(30) Prioridad:

30.10.2015 DE 102015014007

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.02.2021

(73) Titular/es:

CAPHENIA GMBH (100.0%)
Aschauer Str. 58B
83233 Bernau a. Chiemsee, DE

(72) Inventor/es:

KÜHL, OLAF

(74) Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

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

Dispositivo y procedimiento de producción de gas de síntesis

La presente invención se refiere a un dispositivo y un procedimiento de producción de gas de síntesis.

Antecedentes

Es conocido a partir del documento WO/2013/091878 un procedimiento de producción de hidrocarburos sintéticos funcionalizados y/o no funcionalizados, que comprende la división de un fluido que contiene hidrocarburos en un aerosol de H_2/C de carbono C e hidrógeno H_2 en un convertidor de hidrocarburos, pasando al menos parte del aerosol del convertidor de hidrocarburos a un convertidor C, e introduciendo el CO_2, por ejemplo, de un procedimiento industrial, en el convertidor C. En el convertidor C, el gas CO_2 es mezclado con el aerosol H_2/C, por lo que a alta temperatura el gas CO_2 y el carbono son convertidos en monóxido de carbono CO. La temperatura a la salida del convertidor C es de 800 a 1000°C. El monóxido de carbono y el hidrógeno son convertidos en hidrocarburos sintéticos en un convertidor de CO por medio de un catalizador.

La Fig. 4 muestra un reactor de plasma 1' conocido (reactor Kvaerner), que fue usado en la década de 1990 como un reactor experimental para la producción de partículas de carbono y es adecuado para dividir un fluido que contiene hidrocarburos en un aerosol de H_2/C. El reactor de plasma 1' también fue usado en la operación de prueba para la producción de gas de síntesis. El conocido reactor de plasma 1' tiene una cámara de reactor 2', que está rodeada por una pared de reactor 3', que comprende una parte inferior 3a' y una tapa 3b'. La cámara del reactor 2' es esencialmente cilíndrica y posee un eje central 4'. En la pared exterior cilíndrica han sido proporcionadas diversas entradas 5', a través de las cuales ha sido introducido un fluido de hidrocarburos y metano en dirección radial. Un quemador de plasma de 7' con electrodos alargados está fijado a la tapa 3b' de la pared del reactor 3'. El quemador de plasma 7' tiene una parte de base 9' que está unida a la tapa 3b' de la pared del reactor 3'. El quemador de plasma 7' en su otro extremo, opuesto a la parte de la base 9', presenta un componente quemador 11' que es proyectado dentro de la cámara del reactor 2'. En el otro extremo de la cámara del reactor 2', frente al quemador de plasma 7', el reactor de plasma 1' presenta una salida 15' por la que pueden fugarse las sustancias resultantes de la división del fluido de hidrocarburos introducido. Durante la operación del conocido reactor de plasma 1' es formado un plasma 13' cerca del componente quemador 11'. Un fluido de hidrocarburo y metano es introducido por las entradas 5' en dirección al plasma 13'. A temperaturas de operación de hasta 3500°C el fluido de hidrocarburo y el metano son convertidos en gas de síntesis. Una parte del hidrógeno se acumula en la parte superior de la cámara del reactor 2'. El resto del hidrógeno emerge por la salida de 15' junto con el monóxido de carbono como gas de síntesis. En el área entre el quemador de plasma 7' y la salida 15' existe una zona de maduración donde se forman las partículas C. En el dispositivo mencionado del documento WO/2013/091878, tal reactor de plasma 1' es usado en una versión para dividir el fluido de hidrocarburos en aerosol de H_2/C. El aerosol de H_2/C es mezclado entonces con el CO_2 en un tubo de salida del reactor de plasma 1', es decir, la salida 15'), en que es formado el CO.

Se han encontrado los siguientes problemas en el reactor de plasma conocido. En la cámara del reactor 2' y en las entradas de fluido de hidrocarburo 5' se acumularon depósitos de carbono (ensuciamiento). La parte acumulada del hidrógeno en la parte superior de la cámara del reactor 2' causa un fuerte calentamiento. El gas de síntesis producido tenía una temperatura entre 1000 y 1300°C en la salida, lo que causó una gran pérdida de energía y produjo que el procedimiento conocido no fuera económico.

En el documento DE 36 06 108 A1 es descrito además un dispositivo para la reforma del vapor en el que son inyectados hidrocarburo gaseoso (fluido de hidrocarburo) y H_2O en una cámara de reactor. En el documento WO 2015/173360 A1 es descrito un dispositivo y un procedimiento en el que es descompuesto térmicamente un fluido de hidrocarburo. La mezcla de partículas de carbono e hidrógeno resultante de la descomposición térmica es mezclada con H_2O. En el documento KR 101 557 690 B1 también es descrito un dispositivo y un procedimiento para la reforma de vapor en el que se introducen hidrocarburos gaseosos y H_2O en una cámara de reactor. El documento WO 03/051767 A2 describe un quemador de plasma para la reformación de vapor que está dispuesta fuera del espacio de un reactor.

El propósito de la presente invención es crear un dispositivo de producción de gas de síntesis de gran capacidad, en particular mediante una rápida conversión y una prolongada operación sin interrupciones.

Sumario de la invención

Esta tarea es resuelta por medio de un dispositivo de producción de gas de síntesis de acuerdo con la reivindicación 1 y con un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9.

En particular, la tarea es resuelta mediante un dispositivo de producción de gas de síntesis, que comprende un reactor con una cámara de reactor que comprende al menos una primera entrada en relación con una fuente de fluido de hidrocarburos y al menos una salida. El dispositivo también comprende un quemador de plasma con un componente quemador adaptado para generar un plasma. En la cámara del reactor también desemboca al menos una segunda entrada en combinación con una fuente de CO_2 o H_2O. La cámara del reactor define una trayectoria de flujo desde la primera entrada hasta la salida, en el que el componente quemador está posicionada con relación a la trayectoria de flujo entre la primera entrada para el fluido de hidrocarburo y la segunda entrada para el CO_2 o H_2O, y en el que la

segunda entrada para el CO_2 o H_2O está posicionada con relación a la trayectoria de flujo para estar en un sitio en el cual entre 90 % y 95 % del fluido de hidrocarburo está térmicamente descompuesto. Con este dispositivo puede ser lograda una rápida conversión a gas de síntesis y reducir los tiempos de reacción, ya que existe un aerosol estable con partículas C muy pequeñas ligeramente suspendidas.

En particular, la segunda entrada desemboca en la cámara del reactor más cerca del componente quemador que de la salida. Esto da tiempo suficiente para una reacción de conversión de C y CO_2 a CO.

En una realización la segunda entrada está orientada en contra de la dirección de la trayectoria de flujo y apunta hacia la primera entrada. Esto resulta en una mejor mezcla del gas introducido a través de la segunda entrada con las partículas C y reduce los depósitos de carbono.

El dispositivo preferentemente presenta una tercera entrada que está más alejada del componente quemador que la segunda entrada en términos de la trayectoria de flujo. Esto permite que se introduzcan diferentes gases en la proximidad y más alejado del componente quemador durante el funcionamiento, pudiendo controlarse mejor la producción de gas de síntesis. Es particularmente ventajoso si la segunda entrada está conectada a una fuente de CO_2 y la tercera entrada está conectada a una fuente de H_2O. Por lo tanto, en comparación con el estado de la técnica, es posible lograr una menor temperatura del gas de síntesis producido a la salida del dispositivo. Para facilitar aún más el control del dispositivo, en este caso puede estar situado un elemento calefactor entre la al menos una segunda entrada y la al menos una tercera entrada. Esto permite que el dispositivo sea controlado cinéticamente y termodinámicamente.

En una realización del dispositivo, el componente quemador tiene una entrada de gas de plasma en conexión con una fuente de gas de plasma y una salida de gas de plasma, siendo que la salida de gas de plasma desemboca en la cámara del reactor. La entrada del fluido de hidrocarburos está dispuesta a la entrada del gas de plasma de manera que el fluido de hidrocarburos y el gas de plasma se mezclen exhaustivamente entre sí al ingresar en la cámara de reacción.

En una realización del dispositivo, el quemador de plasma comprende al menos dos electrodos alargados, cada uno de los cuales tiene una parte de base en un extremo que se fija a la pared del reactor. El componente quemador está situado en el extremo opuesto a la parte de la base y es proyectado dentro de la cámara del reactor. En este diseño, la pared del reactor está protegida del calor del plasma por el fluido de hidrocarburo que fluye lateralmente de ella. En un diseño alternativo del dispositivo, el quemador de plasma está dispuesto fuera de la cámara del reactor y está conectado a la cámara del reactor a través de una abertura en la pared del reactor. El componente quemador está orientado de manera tal hacia la abertura para que el gas de plasma sea conducido a la cámara de reacción. Este diseño ofrece más libertad en la construcción del quemador de plasma.

La tarea es resuelta además con un procedimiento para la producción de gas de síntesis, que comprende las siguientes etapas: introducir un fluido de hidrocarburo en una cámara de reactor que tiene al menos una primera entrada para el fluido de hidrocarburo y al menos una salida; generar un corriente de fluido desde la entrada hasta la salida; dividir el fluido de hidrocarburo en partículas de carbono e hidrógeno mediante un quemador de plasma situado entre la entrada y la salida; y mezclar las partículas de carbono y el hidrógeno con CO_2 o H_2O en un área de la cámara de reactor en la que es descompuesto térmicamente entre 90 % y 95 % del fluido de hidrocarburo. Con este procedimiento puede ser lograda una rápida conversión a gas de síntesis y una reducción de los tiempos de reacción, ya que existe un aerosol estable con partículas de carbono muy pequeñas y ligeramente suspendidas.

En particular, la etapa de mezcla con CO_2 o H_2O en la dirección del corriente de fluido después del quemador de plasma tiene lugar en un área de la cámara del reactor en el que las partículas de carbono presentan un tamaño menor o igual que 250 nm y preferiblemente menor o igual que 100 nm. Por lo tanto, el aerosol se mantiene estable incluso con fuertes reducciones de temperatura causadas por las reacciones de conversión de las partículas de carbono con CO_2 o H_2O.

En forma alternativa o adicional, el procedimiento incluye la etapa de mezcla con CO_2 o H_2O en un área de la cámara del reactor que se sitúa con respecto a la corriente de fluido después del quemador de plasma, en la que prevalece una temperatura de 1550 a 1800°C. Si es provista esta etapa alternativamente, se vuelve más preciso el control del procedimiento.

Preferentemente, las etapas de mezcla con CO_2 y de mezcla con H_2O son llevadas a cabo por separado y sucesivamente en la dirección de la corriente del fluido. En comparación con el estado de la técnica, esto permite una menor temperatura del gas de síntesis producido en la salida del dispositivo, lo que se traduce en un ahorro de energía. En particular, las partículas de carbono y el hidrógeno son mezclados con el CO_2 más cerca del quemador de plasma con respecto a la corriente de fluidos y son mezclados con el H_2O más alejado del quemador de plasma respecto de la corriente de fluidos.

Para una reacción acelerada y un aumento del rendimiento, la presión es ajustada en la cámara del reactor a 1,0 a 2,5 MPa.

El procedimiento es llevado a cabo preferentemente de manera tal que el gas de síntesis tenga una proporción de fluido de hidrocarburo residual o no descompuesto en el intervalo de 1,25 a 2,5 % en moles en el área de salida. Esto facilita el procedimiento de medición. Debido a las altas temperaturas mayores que 1000°C cerca de la descomposición térmica del fluido de hidrocarburos resulta más difícil realizar una medición.

La invención, así como otros detalles y ventajas de la misma, es explicada a continuación con referencia a las figuras mediante ejemplos de realización preferentes.

Fig. 1 muestra un dispositivo de generación de gas de síntesis de acuerdo con la presente divulgación de acuerdo con una primera realización.

Fig. 2 muestra un dispositivo de generación de gas de síntesis de acuerdo con la presente divulgación de acuerdo con una segunda realización.

Fig. 3 muestra un dispositivo de generación de gas de síntesis de acuerdo con la presente divulgación de acuerdo con una tercera realización.

Fig. 4 muestra un reactor de plasma para la división de un fluido de hidrocarburos de acuerdo con el estado de la técnica.

En la siguiente descripción, las expresiones arriba, abajo, derecha e izquierda, así como indicaciones similares se refieren a las orientaciones o disposiciones mostradas en las figuras y sólo sirven para describir los ejemplos de realización. Estas expresiones pueden mostrar disposiciones preferentes, pero no deben comprenderse en un sentido restrictivo. El término fluido de hidrocarburos en el contexto de esta descripción significa un fluido que contiene hidrocarburos (gas, aerosol, líquido).

La Fig. 1 muestra un dispositivo de generación de gas de síntesis de acuerdo con la presente divulgación, que comprende un reactor de plasma 1 y fuentes de fluido de hidrocarburo, gas de plasma, CO_2 o H_2O no mostrados en detalle en las figuras. Las fuentes incluyen, por ejemplo, tuberías, tanques de almacenamiento u otro equipo industrial.

El reactor de plasma 1 presenta una cámara de reactor 2, que está rodeada por una pared de reactor 3, que tiene una parte inferior 3a y una tapa 3b. La cámara del reactor 2 también puede estar subdividida en un sitio diferente al mostrado en las figuras. La cámara del reactor 2 es sustancialmente cilíndrica y tiene un eje central 4. Un quemador de plasma 7 está fijado a la tapa 3b de la pared del reactor 3, que comprende electrodos alargados (no mostrado en mayor detalle). El quemador de plasma 7 tiene una parte de base 9 que está unida a la pared del reactor 3 (en este caso en particular a la tapa 3b). El quemador de plasma 7 en su otro extremo, opuesto a la parte de la base 9, presenta un componente quemador 11 que es proyectado hacia dentro de la cámara del reactor 2 y está situado en un extremo libre 12 de los electrodos. Es formado un plasma 13 entre los electrodos. En el otro extremo de la cámara del reactor 2, frente al quemador de plasma 7, el reactor de plasma 1 tiene una salida 15 por la que pueden emerger las sustancias producidas en la cámara del reactor 2. La salida 15 está situada en el extremo opuesto de la cámara del reactor 2 en la dirección del flujo.

El reactor de plasma 1 posee una o más primeras entradas 5 para el fluido de hidrocarburo, dispuestas en la proximidad de la parte base 9 del quemador de plasma 7. Las primeras entradas 5 desembocan en la cámara del reactor 2 de manera tal que durante la operación un fluido de hidrocarburos que emerge de ella fluye hacia un espacio libre 17 entre la pared del reactor 3 y los electrodos del quemador de plasma 7 en dirección al componente quemador 11. En las figuras, el eje central 4 tiene una punta de flecha e indica esta dirección de flujo. La cámara del reactor 2 define una trayectoria de flujo desde las primeras entradas 5 hasta la salida 15.

En el diseño de la Fig. 1, el reactor de plasma 1 también comprende una o más segundas entradas 6 para CO_2 o H_2O, que desembocan en la cámara del reactor 2 más próximas al componente quemador 11 que de la salida 15 (en las Fig. 1 y 2: distancia d1 < d2). Las segundas entradas 6 se encuentran más cerca del componente quemador 11 que las primeras entradas 5 (en las Fig. 1 y 2: distancia d1 < d3). Las segundas entradas 6 conducen el CO_2 o H_2O durante la operación hasta un punto en la cámara del reactor en el que es descompuesto en partículas de hidrógeno y C entre 90 % y 95 % del fluido de hidrocarburo. La segunda o las segundas entradas 6 pueden estar orientadas en ángulo recto (como es mostrado en las Figuras 1 y 2) o en contra de la dirección de la trayectoria de flujo, es decir, hacia arriba en las figuras hacia las primeras entradas 5.

En la realización de la Fig. 2, el reactor de plasma 1 comprende además una o más terceras entradas 8, que están más alejadas del componente quemador 11 a lo largo de la trayectoria de flujo que las segundas entradas 5 (en la Fig. 2: distancia d1 < d4 < d2). En la Fig. 2, las segundas entradas 6 están conectadas a una fuente de CO_2 y las terceras entradas 8 están conectadas a una fuente de H_2O. Opcionalmente, entre la segunda entrada 6 y la tercera entrada 8 hay un elemento calefactor o intercambiador de calor para calentar la cámara del reactor 2.

El dispositivo mostrado en la Fig. 3 corresponde a la realización de la Fig. 2, pero presenta una realización diferente del quemador de plasma 7. En la Fig. 3 el quemador de plasma 7 está dispuesto fuera de la cámara del reactor 2 y está conectado a la cámara del reactor 2 a través de una abertura 18 en la pared del reactor 3. En este caso, el

componente quemador 11 está orientado de manera tal hacia la abertura 18 que el gas de plasma caliente sea conducido a la cámara de reacción 2.

Los electrodos no mostrados en detalle en las figuras son, por ejemplo, electrodos tubulares o electrodos tubulares dispuestos uno dentro del otro, como los conocidos a partir del documento US 5 481 080 A (véase arriba). En el caso de los electrodos tubulares, el fluido de hidrocarburos introducido fluye a lo largo de un electrodo, es decir, a lo largo del electrodo exterior. En el caso de los electrodos tubulares, las primeras entradas 5 están dispuestas radialmente fuera del electrodo tubular exterior. Sin embargo, también es concebible que sean usados electrodos de varilla, por ejemplo, dos o más electrodos de varilla dispuestos uno al lado del otro. En el caso de los electrodos de varilla, el fluido de hidrocarburo fluye a lo largo de dos o más electrodos hacia su extremo libre. Así, en cualquier diseño del reactor de plasma 1, el fluido de hidrocarburos fluye hacia el espacio 17 a lo largo de al menos un electrodo entre la cámara del reactor 2 y el quemador de plasma 7. El quemador de plasma 7 tiene una entrada para el gas de plasma y una salida para el gas de plasma que desemboca en la cámara del reactor 2 próximo al componente quemador 11. Opcionalmente, al menos una de las primeras entradas 5 está dispuesta de manera tal respecto de la entrada del gas de plasma que el fluido de hidrocarburos y el gas de plasma son mezcladas exhaustivamente entre sí al entrar en la cámara de reacción 2.

Entre los electrodos es formado el arco de plasma 13, preferentemente con CO, H_2 o gas de síntesis como gas de plasma, ya que estos gases se generan de todos modos con el dispositivo y el procedimiento descritos en la presente memoria. Sin embargo, como gas de plasma también puede ser seleccionado cualquier otro gas adecuado, por ejemplo, gases inertes tal como argón o nitrógeno, que no influyen ni participan en la reacción o la división en el arco de plasma. La entrada de gas de plasma está conectada a una fuente de gas de plasma, por ejemplo, un tanque de almacenamiento. La fuente de gas de plasma también puede ser la salida 15 si el gas de síntesis se utiliza como gas de plasma. Si es usado CO o H_2 como gas de plasma, estos gases pueden ser descargados de la cámara del reactor 2 en un punto adecuado o separados del gas de síntesis de la salida 15.

En el reactor de plasma 1 también pueden haber sido proporcionados uno o más sensores para detectar los parámetros de operación (no se muestran en las figuras). Por medio de los sensores de presión puede medirse la presión en la cámara del reactor 2, en las entradas 5, 6, 8, en la salida 15 y en las fuentes de gas de plasma, fluido de hidrocarburos, CO_2 o H_2O. Los sensores de temperatura pueden ser usados para medir la temperatura de las sustancias ingresadas, las sustancias descargadas y en varios puntos de la cámara del reactor 2. Los sensores de gas pueden ser usados para medir la composición de las sustancias ingresadas y el gas de síntesis producido.

Puede ser llevado a cabo un control sencillo de la introducción de CO_2 o H_2O midiendo la composición del gas de síntesis producido. El número, el tamaño, la posición y la orientación de las entradas 6 con relación al componente quemador 11 y los parámetros de operación para la introducción de CO_2 o H_2O, tal como, por ejemplo, la presión y la cantidad introducida por tiempo, son seleccionados de acuerdo con un ejemplo de realización en relación con una proporción de fluido de hidrocarburo residual o no descompuesto en el gas de síntesis en la zona de la salida 15. En particular, la disposición de las entradas 6 y los parámetros de operación son seleccionados de manera tal que el gas de síntesis tenga una proporción de fluido de hidrocarburo residual o no descompuesto en el intervalo de 1,25 a 2,5 % en moles. Esta forma de proceder contrasta con el estado de la técnica, en el cual no es deseado ningún fluido de hidrocarburos residual o no descompuesto en el gas de síntesis. Alternativamente, la disposición de las entradas 6 y los parámetros de operación son seleccionados de manera tal que el CO_2 o H_2O sean producidos en un área de la cámara del reactor 2 en la que prevalece una temperatura de 1550 a 1800°C. Las entradas 6 están situadas después del componente quemador 11 del quemador de plasma 7 con respecto a la corriente de fluidos.

Durante la operación del dispositivo de generación de gas de síntesis, es formado un plasma 13 entre los electrodos del reactor de plasma 1 próximo al componente quemador 11. El plasma 13 suele tener temperaturas entre 5000°C y 10000°C. El calor se transfiere principalmente a los medios (gases) del reactor por medio de la radiación. Un fluido de hidrocarburo (preferentemente metano o gas natural) es introducido en la cámara del reactor 2 en dirección al plasma 13 a través de las primeras entradas 5 para el fluido de hidrocarburo en ausencia de oxígeno. Con los dispositivos de acuerdo con las Fig. 2 y 3, el fluido de hidrocarburos fluye a lo largo del quemador de plasma 7. En el dispositivo mostrado en la Fig. 3, el fluido de hidrocarburos no fluye a lo largo del quemador de plasma 7, sino que el gas de plasma caliente es introducido en la cámara del reactor 2 a través del orificio 18, y el fluido de hidrocarburos fluye pasando lateralmente del plasma 13. No han sido proporcionados catalizadores. Durante la operación, el fluido de hidrocarburos es introducido de manera tal que sea lograda una corriente de fluido con alta velocidad espacial (unidad 1/h; flujo de volumen m^3/h del fluido de hidrocarburos con relación al volumen en m^3 de la cámara de reactores 2) en la cámara de reactores 2. En particular, es considerada una velocidad espacial de 500 - 1000 1/h. A causa de la alta velocidad espacial y, en consecuencia, la alta velocidad de flujo de las sustancias atravesadas, el peligro de que se produzcan depósitos de sólidos en las primeras entradas 5 y en sus proximidades resulta reducido. Debido a la disposición de las primeras entradas 5 es creada una corriente de fluido hacia la salida 15 en el extremo opuesto de la cámara del reactor 2, lo que también impide que los materiales calientes sean acumulados en el espacio libre 17 y causen problemas durante el funcionamiento.

Tan pronto como el fluido de hidrocarburo llega a un área en la proximidad del plasma 13 en la cual prevalece una temperatura de descomposición, los hidrocarburos contenidos en el fluido de hidrocarburo se dividen en partículas C y en hidrógeno H_2 gaseoso. Por ejemplo, el fluido de hidrocarburo CH_4 es descompuesto en C y 2 H_2. La temperatura

de descomposición depende de los hidrocarburos introducidos y para el gas natural o el CH_4, por ejemplo, es mayor 600°C. El hidrógeno H_2 y las partículas C aparecen como aerosol de H_2/C en la dirección del corriente de fluido después del componente quemador 11 de plasma 7. El aerosol de H_2/C es mezclado con CO_2 o H_2O de las segundas entradas 6 en un área de la cámara del reactor 2 donde es descompuesto térmicamente entre 90 % y 95 % del fluido de hidrocarburos. Esta área está próxima al componente quemador 11, por lo que en este caso no existe la zona de maduración proporcionada en el estado de la técnica. Cerca del componente quemador 11 hay una alta temperatura de 800 a 3000°C en la cámara del reactor 2. Cuando el CO_2 es introducido a través de las segundas entradas 6, las partículas C en este intervalo de temperatura son convertidas de acuerdo con la ecuación C + CO_2 -> 2 CO. Cuando es introducido H_2O a través de las segundas entradas 6, las partículas C en este intervalo de temperatura son convertidas de acuerdo la ecuación C + H_2O -> CO + H_2. Las reacciones mencionadas en la presente memoria tienen lugar sin catalizadores.

Las reacciones de conversión mencionadas anteriormente tienen lugar rápida y completamente cuando pequeñas partículas de C son mezcladas con CO_2 o H_2O. Con el reactor de plasma de última generación 1', mostrado en la Fig. 4, ya podrían ser producidas partículas C con un tamaño de aproximadamente 350 nm. Sin embargo, no era conocido por el estado de la técnica la forma en que podían ser producidas partículas C aún más pequeñas. Los autores de la presente invención han descubierto que partículas C muy pequeñas con un tamaño menor o igual que 250 nm a 100 nm están presentes en un área de la cámara del reactor 2 en la que es descompuesto térmicamente entre 90 % y 95 % del fluido de hidrocarburos. Por lo tanto, en el dispositivo y procedimiento de la presente, el CO_2 o H_2O son introducidos en esta área para lograr altas tasas de reacción.

El experto en la técnica puede determinar la introducción de CO_2 o H_2O de acuerdo con una realización de la invención dependiendo de una proporción de fluido de hidrocarburo residual o no descompuesto en el gas de síntesis en el área de salida 15. La introducción de CO_2 o H_2O depende del número, tamaño, posición y orientación de las segundas entradas 6 con relación al componente quemador 11 y de los parámetros de operación de presión y masa introducida por tiempo de introducción. En particular, la disposición de las entradas 6 y los parámetros de operación son seleccionados de manera tal que el gas de síntesis tenga un contenido residual o no descompuesto de fluido de hidrocarburos en el intervalo de 1,25 a 2,5 % en moles. Esta forma de proceder contrasta con el estado de la técnica, en el que no hay ningún fluido de hidrocarburo residual o no descompuesto en el gas de síntesis. Alternativamente, el experto en la técnica selecciona la disposición de las entradas 6 y los parámetros de operación de manera tal que la introducción de CO_2 o H_2O tenga lugar en un área de la cámara del reactor 2 en la que prevalezca una temperatura de 1550 a 1800°C, medida por un sensor de temperatura u otro procedimiento de medición de alta temperatura. Las partículas C tienen un tamaño en el área de introducción de CO_2 o H_2O menor o igual que 250 nm, preferentemente menor o igual que 200 nm y especialmente preferentemente menor o igual que 100 nm, lo que lleva a una reacción de conversión rápida y a un aerosol estable. Se pueden evitar las perturbaciones operacionales y los depósitos (ensuciamiento).

Al operar el dispositivo de la Fig. 1, que no comprende las terceras entradas 8, es introducido CO_2 o H_2O por las segundas entradas 6. Preferentemente es introducido CO_2. Cuando son introducidos 1 mol de CH4, 1 mol de C y 2 moles de H_2 se producen por la división con la ayuda del plasma. El 1 mol de C y el 1 mol de CO_2 son convertidos en 2 moles de CO. En este caso son producidos 4 moles de gas de síntesis a partir de 1 mol de CH_4. Si, por ejemplo, el 10 % del CH_4 introducido no se convierte, el gas de síntesis en la salida 15 tiene un contenido de CH_4 de 2,5 % en moles. El experto en la técnica también puede calcular la proporción correspondiente del fluido de hidrocarburo no dividido de acuerdo con el cálculo correspondiente para otros fluidos de hidrocarburo, por ejemplo, si el fluido de hidrocarburo introducido es gas natural y tiene proporciones de otros gases (por ejemplo, etano, propano, butano, etano, etc.).

Al operar el dispositivo de la Fig. 2, que comprende tanto la segunda entrada 6 como la tercera entrada 8, el CO_2 es introducido por la segunda entrada 6 y el H_2O es introducido por la tercera entrada 8 y es mezclado con el aerosol de partículas C y H_2 o CO/H_2 respectivamente. En el curso de la trayectoria de flujo desde el componente quemador 11 hasta la salida 15, la temperatura es reducida en aproximadamente 1000°C. A través de las segundas entradas 6 es introducido menos CO_2 del que sería necesario para la conversión completa de las partículas C en CO. Es introducido tanto CO_2 que aproximadamente 25 a 40 %, preferentemente un tercio de la masa de una partícula C es convertido en CO. La conversión de C y CO_2 en CO (reacción de Boudouard) resulta en una reducción de la temperatura de aproximadamente 500°C (50 % de la reducción total de la temperatura). Dado que las partículas de C en el área de introducción de CO_2 son más pequeñas que en el reactor de plasma conocido de la Fig. 4 (aprox. 350 nm), el aerosol de partículas de C, CO, H_2 y el fluido residual de hidrocarburos permanece estable a pesar de la fuerte reducción de temperatura de aprox. 500°C. A través de las terceras entradas 8 se introduce tanto H_2O que el resto (75 a 60 %, preferentemente dos tercios) de las partículas C es convertido en CO (reacción hetWSR o reacción heterogénea de desplazamiento de gas de agua: C + H_2O -> CO + H_2). Esto resulta en una mayor reducción de la temperatura de aproximadamente 500°C. Debido a esto, resulta una temperatura más baja en la salida 15 que cuando el dispositivo está en operación en la Fig. 1.

La operación del dispositivo de acuerdo con la Fig. 3 es esencialmente la misma que la descrita anteriormente para la Fig. 2. Al contrario que lo que sucede en la Fig. 2, el fluido de hidrocarburos no fluye a lo largo del quemador de plasma 7 sino que pasa por esta. El gas de plasma es entregado al quemador de plasma 7 a tal presión y velocidad de flujo

que el plasma 13 es soplado a la cámara del reactor 2. La presión del gas de plasma introducido es preferentemente más alta que la presión del fluido de hidrocarburo introducido.

En todos los dispositivos de acuerdo con las Figs. 1 a 3, rigen las siguientes características independientemente unas de otras: La introducción de CO_2 o H_2O a través de las segundas entradas 6 puede estar basada en una temperatura medida. La medición de la temperatura puede ser usada como alternativa al procedimiento mencionado anteriormente con la medición de la proporción del fluido de hidrocarburos restante o puede utilizarse adicionalmente para mejorar la precisión. La presión en la cámara del reactor 2 se ajusta a 1,0 a 2,5 MPa. En un caso, el quemador de plasma 7 está ubicado sustancialmente dentro de la cámara del reactor 2. Alternativamente, el quemador de plasma 7 está ubicado fuera de la cámara del reactor 2, y el gas de plasma calentado por el quemador de plasma 7 fluye durante la operación a través de un conducto hacia la cámara de reacción 2. Las segundas entradas están ubicadas en un punto 0-3 m y preferentemente en un punto 0-1 m corriente abajo del sitio en el que es descompuesto al menos 90 % del fluido de hidrocarburos en partículas C e hidrógeno. Por lo tanto, la mezcla con el CO_2 o H_2O tiene lugar en un punto de 0-3 m y preferentemente en un punto de 0-1 m corriente abajo del sitio en el que es descompuesto al menos 90 % del fluido de hidrocarburos en partículas C e hidrógeno. La etapa de mezcla con CO_2 o H_2O comienza en un área de la cámara del reactor en la que las partículas de carbono tienen un tamaño menor o igual que 250 nm, preferentemente menor o igual que 200 nm y particularmente preferente menor o igual que 100 nm de diámetro. Tanto el CO_2 como el H_2O son introducidos en la cámara del reactor 2, mientras la introducción del CO_2 y la introducción del H_2O son llevadas a cabo por separado y sucesivamente.

En resumen, puede afirmarse que las siguientes ventajas pueden ser logradas con el dispositivo y el procedimiento descritos en la presente memoria: evitar los depósitos de partículas C; aerosol estable incluso con un fuerte descenso de la temperatura; conversión rápida y tiempo de reacción reducido; temperatura más baja del gas de síntesis producido en comparación con el estado de la técnica.

La invención fue descrita mediante ejemplos de realización preferentes, en los que las características individuales de los ejemplos de realización descritos pueden ser combinadas libremente entre sí y/o intercambiadas, a condición de que sean compatibles. Asimismo, pueden ser omitidas características individuales de los ejemplos de realización descritos, a condición de que no sean absolutamente necesarias. El experto en la técnica es libre de realizar modificaciones y formulaciones de acuerdo con la redacción de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de producción de gas de síntesis, que comprende:

un reactor (1) que comprende una cámara de reactor (2) que tiene al menos una primera entrada (5) en comunicación con una fuente de fluido de hidrocarburos y al menos una salida (15);

un quemador de plasma (7) con una porción de quemador (11) conformada para generar un plasma;

al menos una segunda entrada (6) en conexión con una fuente de CO_2 o H_2O;

en el que la cámara del reactor (2) define una trayectoria de flujo desde la primera entrada (5) hasta la salida (15), estando el componente quemador (11) posicionado con respecto a la trayectoria de flujo entre la primera entrada (5) para el fluido de hidrocarburos y la segunda entrada (6) para CO_2 o H_2O; y

en el que la segunda entrada (6) está dispuesta con respecto a la trayectoria de flujo de manera que se encuentre en un sitio en el cual es descompuesto térmicamente entre 90% y 95% del fluido del hidrocarburo.

2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la segunda entrada (6) se abre en la cámara del reactor más cerca del componente quemador (11) que de la salida (15).

3. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la segunda entrada (6) se encuentra más cerca del componente quemador (11) que la primera entrada (5).

4. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones, en el que la segunda entrada (6) está orientada contrariamente a la dirección de la trayectoria de flujo y hacia la primera entrada (5).

5. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones, que tiene una tercera entrada (8) que está más alejada del componente quemador (11) que la segunda entrada (6) con respecto a la trayectoria de flujo.

6. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la segunda entrada (6) está conectada a una fuente de CO_2; y en el que la tercera entrada (8) está conectada a una fuente de H_2O.

7. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, en el que un elemento calefactor está situado entre la al menos una segunda entrada (6) y la al menos una tercera entrada (8).

8. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores**,** en el que el componente quemador (11) tiene una entrada de gas de plasma en comunicación con una fuente de gas de plasma y una salida de gas de plasma, la salida de gas de plasma se abre en la cámara del reactor (2); y

en el que la entrada de fluido de hidrocarburo (5) está dispuesta de manera tal respecto de la entrada de gas de plasma que el fluido de hidrocarburo y el gas de plasma son mezclados exhaustivamente al entrar en la cámara de reacción (2).

9. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el quemador de plasma (7) presenta al menos dos electrodos alargados, cada uno de los cuales tiene en un extremo una porción de base (9) que se fija a la pared del reactor (3, 3a, 3b), y en el que el componente quemador (11) está dispuesto en el extremo opuesto a la porción de base y es proyectado hacia dentro de la cámara del reactor (2); o

en el que el quemador de plasma (7) está dispuesto fuera de la cámara del reactor (2) y está conectado con la cámara del reactor (2) a través de una abertura en la pared del reactor (3, 3a, 3b), en el que el componente quemador (11) está orientado hacia la abertura de modo que el gas de plasma sea introducido en la cámara de reacción (2).

10. Procedimiento de producción de gas de síntesis, que comprende las siguientes etapas:

introducir un fluido de hidrocarburo en una cámara de reactor (2) que comprende al menos una primera entrada (5) para el fluido de hidrocarburo y al menos una salida (15);

generar una corriente de fluido desde la entrada (5) hasta la salida (15);

dividir el fluido de hidrocarburos en partículas de carbono e hidrógeno por medio de un quemador de plasma (7) situado entre la entrada (5) y la salida (15); y

mezclar las partículas de carbono e hidrógeno con CO_2 o H_2O en un área de la cámara del reactor (2) en la que es descompuesto térmicamente entre 90 % y 95 % del fluido de hidrocarburos.

11. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la etapa de mezcla con CO_2 o H_2O con respecto a la corriente de fluido es llevada a cabo después del quemador de plasma (7) en un área de la cámara del reactor (2) en el que las partículas de carbono tienen un tamaño menor o igual que 250 nm y preferentemente menor o igual que 100 nm.

12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, en el que la etapa de mezcla con CO_2 o H_2O es llevada cabo con respecto a la corriente de fluido después del quemador de plasma (7) en un área de la cámara del reactor (2) en la que prevalece una temperatura de 1550 a 1800°C.

13. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en el que la mezcla con CO_2 y la mezcla con H_2O son llevadas a cabo por separado y en serie con respecto a la corriente de fluidos.

14. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en el que la presión en la cámara del reactor (2) se ajusta a 1,0 a 2,5 MPa.

15. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 14, en el que la introducción de CO_2 o H_2O varía en función del número, tamaño, posición y orientación de las segundas entradas (6) con relación al componente quemador (11) y los parámetros de operación de la presión y la masa introducida por tiempo, de manera que el gas de síntesis en la región de la salida (15) tenga una proporción de fluido de hidrocarburo residual o no descompuesto en el intervalo de 1,25 a 2,5 % en moles.

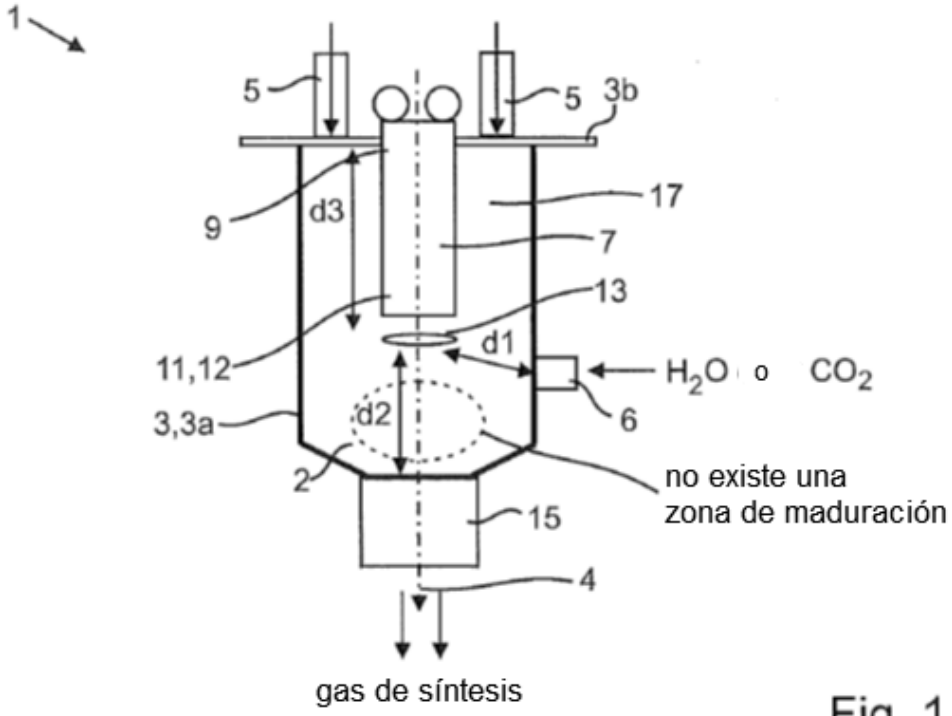

1
5
5
3b
9
d3
17
7
13
11,12
d1
H_2O o CO_2
3,3a
d2
6
2
no existe una
zona de maduración
15
4
gas de síntesis

Fig. 1

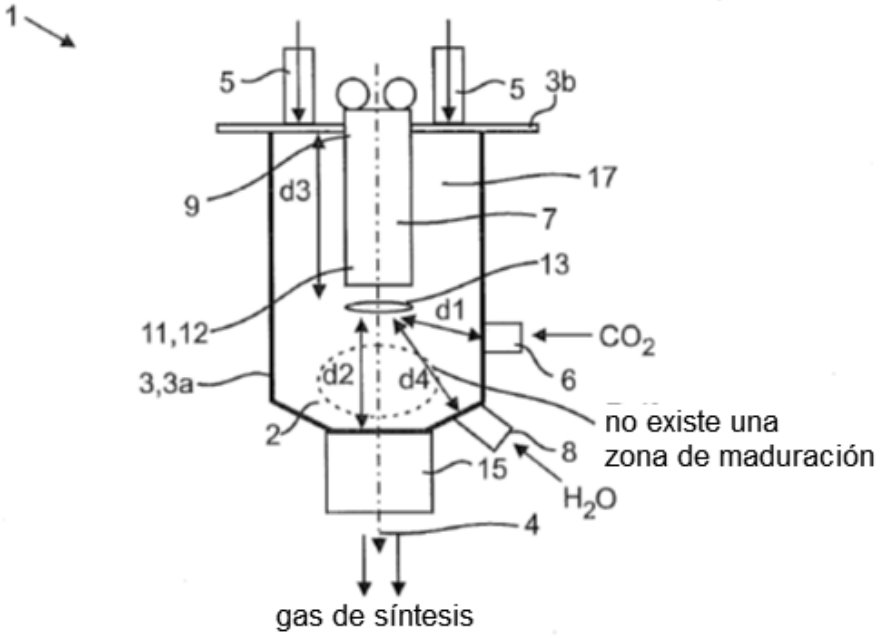

1
5
5
3b
9
d3
17
7
13
11,12
d1
CO_2
3,3a
d2
d4
6
2
no existe una
zona de maduración
8
15
H_2O
4
gas de síntesis

Fig. 2

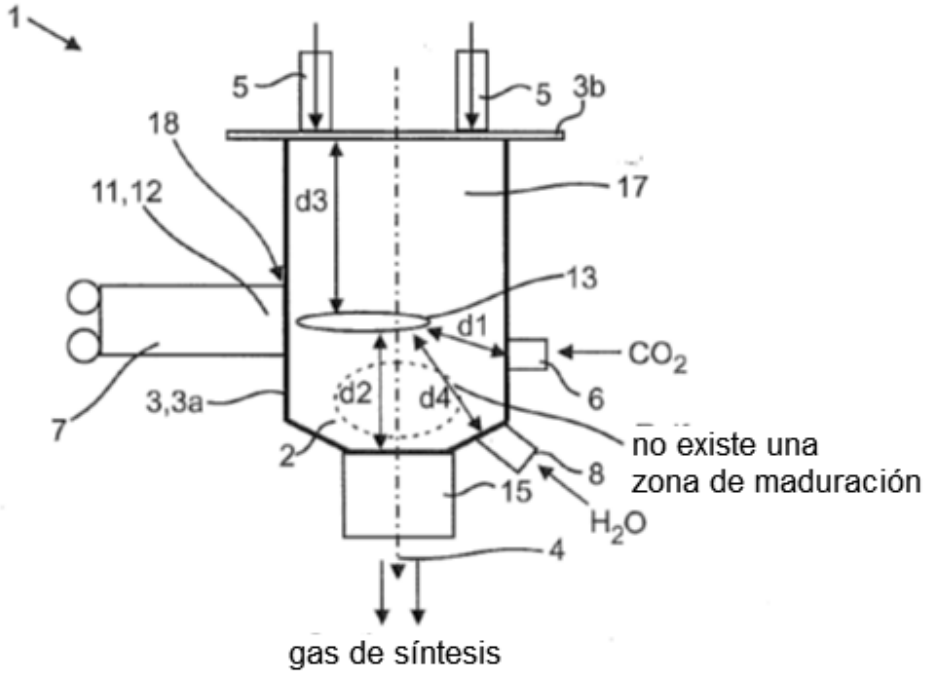
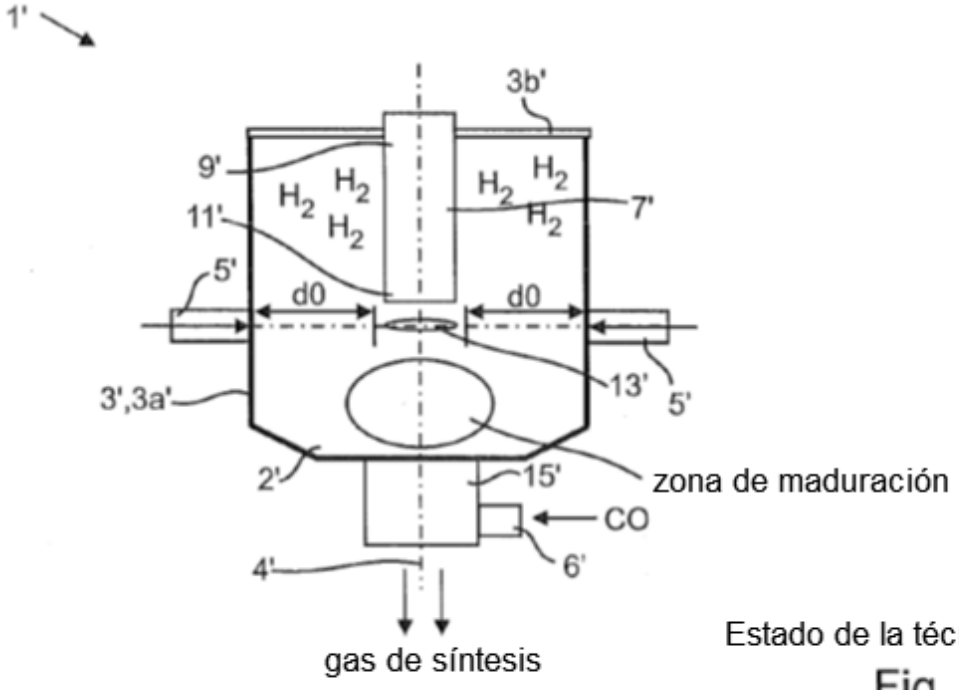


Fig. 3



Estado de la técnica

Fig. 4