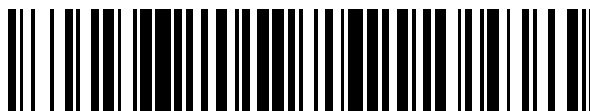


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 548 056**

51 Int. Cl.:

C01B 31/02 (2006.01)

C01B 31/18 (2006.01)

C01B 3/24 (2006.01)

C10J 3/00 (2006.01)

C10K 3/06 (2006.01)

C10G 2/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2012 E 12809617 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.08.2015 EP 2794466**

54 Título: **Procedimiento e instalación para la conversión de dióxido de carbono en monóxido de carbono**

30 Prioridad:

20.12.2011 DE 102011122562

04.05.2012 DE 102012008933

02.08.2012 DE 102012015314

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.10.2015

73 Titular/es:

CCP TECHNOLOGY GMBH (100.0%)

Weissenburgerstrasse 7

81667 München, DE

72 Inventor/es:

KÜHL, OLAF

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 548 056 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento e instalación para la conversión de dióxido de carbono en monóxido de carbono

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y una instalación para la generación de monóxido de carbono a partir de hidrocarburos y CO₂.

10 Como gases de escape en el contexto de la obtención de energía y en el marco de otros procedimientos industriales se producen grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂), que se considera como sustancia nociva climática. Se realizan grandes esfuerzos para evitar la producción de dióxido de carbono. Además se intenta separar y almacenar el dióxido de carbono producido de los gases de escape. Un ejemplo es el almacenamiento de CO₂ o *carbon-capture-to-storage*, abreviado como CCS, debiéndose separar el CO₂ de gases de escape, debiéndose comprimir y almacenar en formaciones geológicas adecuadas. El procedimiento CCS es caro, consume mucha energía, es limitativo en las capacidades de almacenamiento y se rechaza fuertemente por la población afectada por diversos motivos. La aplicabilidad técnica y política parece fracasada actualmente al menos en Alemania.

20 Otra posibilidad es usar dióxido de carbono como materia prima para otros procedimientos industriales, por ejemplo como materia prima en la industria de plásticos para poliuretano, tal como sigue Bayer AG en el proyecto CO2RECT. Este uso como materia prima es por lo que respecta a la cantidad sólo una aplicación muy concreta, dado que la producción mundial de los productos objetivo de la aplicación es demasiado baja para hacer reaccionar una proporción notable del dióxido de carbono emitido.

25 Ninguno de estos conceptos ha conducido hasta ahora a aplicaciones que usen cantidades más grandes de dióxido de carbono o sean socialmente aceptables en la realización.

30 El gas de síntesis, o de manera abreviada sintegas, es una mezcla gaseosa de monóxido de carbono e hidrógeno que puede presentar además dióxido de carbono. El gas de síntesis se genera por ejemplo mediante gasificación de combustible que contiene carbono para dar un producto gaseoso, el gas de síntesis, que tiene un cierto valor calorífico. El gas de síntesis tiene aproximadamente un 50 % de la densidad de energía de gas natural. El gas de síntesis puede quemarse y por consiguiente puede usarse como fuente de combustible. El gas de síntesis puede usarse adicionalmente como producto intermedio para la generación de otros productos químicos. El gas de síntesis puede generarse por ejemplo mediante gasificación de carbono o desechos. En la generación del gas de síntesis se lleva a reacción por ejemplo carbono con agua o un hidrocarburo con oxígeno. Existen tecnologías disponibles comercialmente para procesar gas de síntesis, para generar finalmente gases industriales, fertilizantes, sustancias químicas y otros productos químicos. En la mayoría de las tecnologías conocidas (por ejemplo reacción de desplazamiento de agua) para la generación y conversión de gas de síntesis existe, sin embargo, el problema de que en la síntesis de la cantidad necesaria de hidrógeno se genera una cantidad mayor de CO₂ en exceso que llega al medioambiente a su vez como gas perjudicial para el clima. En otra técnica conocida para la fabricación de gas de síntesis, la oxidación parcial de metano según la ecuación $2 \text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO} + 4 \text{H}_2$, puede obtenerse una proporción máxima de H₂:CO de 2,0. El inconveniente es sin embargo el uso de oxígeno puro que debe prepararse con gasto de energía.

45 Además se indica el documento DE 276 098 A1 que describe un aprovechamiento material más profundo de gas natural en instalaciones de reformado con vapor. En particular se describe entre otras cosas un procedimiento para la obtención de hollín a partir de gas natural por medio de una pirólisis por arco de plasma. Además el documento US 4 040 976 muestra el tratamiento de un material que contiene carbono, en particular carbono con dióxido de carbono para la generación de un gas de monóxido de carbono. A este respecto se mezcla el dióxido de carbono inicialmente con material que contiene carbono y a continuación se calienta en un reactor con dióxido de carbono caliente rápidamente con una velocidad de > 500 °C/s y a continuación se enfría rápidamente, encontrándose la fase de calentamiento entre 0,1 ms a 50 ms y manteniéndose el tiempo de permanencia total de los reactivos en un espacio de tiempo de 10 ms a 5 s. Por el documento US 4 190 636 se conoce además la fabricación de monóxido de carbono en un plasma. Según esto se genera un plasma de dióxido de carbono, en el que se introduce carbono sólido. Los productos resultantes se enfrían bruscamente y se filtran para obtener monóxido de carbono.

55 El documento EP 0 219 163 A2 da a conocer un procedimiento para la generación de gas de síntesis, en el que en un primer recinto de reactor se disocian hidrocarburos en carbono e hidrógeno y se transfiere el carbono a un segundo recinto de reacción para la reacción con vapor de agua.

60 En el documento GB 873 213 A se describe un procedimiento para la generación de gas de síntesis, en el que en primer lugar en un catalizador se disocian hidrocarburos en carbono y entonces el catalizador con el carbono depositado en el mismo se solicita con dióxido de carbono.

65 Por tanto, un objetivo es prever un procedimiento para la conversión de CO₂, que pueda reducir de manera eficaz la cantidad de dióxido de carbono emitido por procedimientos industriales y permita eventualmente la generación de productos químicos necesarios.

La invención prevé un procedimiento según una de las reivindicaciones 1, 7 o 9 así como un dispositivo según una de las reivindicaciones 18, 14 o 16. Otras configuraciones resultan de las reivindicaciones independientes.

5 En particular, un procedimiento para la conversión de dióxido de carbono CO₂ en monóxido de carbono CO presenta la disociación de un fluido que contiene hidrocarburo en carbono e hidrógeno en un convertidor de hidrocarburos mediante un aporte de energía, que se produce al menos parcialmente por calor, en el que el carbono y el hidrógeno presentan tras la disociación una temperatura de al menos 200 °C.

10 Al menos una parte del carbono que se obtuvo a partir de la disociación se conduce desde el convertidor de hidrocarburos a un convertidor de CO₂.

El CO₂ que proviene de una central de combustión o de otro procedimiento industrial que genere cantidades adecuadas de CO₂ se introduce en el convertidor de CO₂.

15 El gas CO₂ se mezcla a continuación con la al menos una parte del carbono que se obtuvo a partir de la disociación, habiéndose enfriado el carbono obtenido mediante la disociación en el mezclado con el gas CO₂ en como máximo el 50 % en °C con respecto a su temperatura tras la disociación y se convierte al menos una parte del gas CO₂ y del carbono obtenido mediante la disociación a una temperatura de 800 °C a 1700 °C en CO. Este procedimiento permite de manera sencilla y eficaz una conversión de CO₂ en CO, usándose al menos una parte de la energía necesaria para la facilitación de carbono (mediante disociación de un hidrocarburo) en forma de calor para la conversión.

20 Esto se aplica en particular cuando la disociación se realiza a una temperatura superior a 1000 °C y el carbono con una temperatura de al menos 800 °C se mezcla con el gas CO₂, dado que en este caso no debe proporcionarse nada o sólo una cantidad de calor adicional más baja para la conversión. Preferentemente se proporciona el calor necesario para la obtención de la temperatura de 800 °C a 1700 °C (en particular aproximadamente 1000 °C) para la conversión de CO₂ esencialmente de manera completa mediante el calor que se usa para la disociación del fluido que contiene hidrocarburo. Esencialmente significa en el presente documento que al menos el 80 %, en particular al menos el 90 % del calor necesario procede del procedimiento de disociación.

25 En una forma de realización, el carbono obtenido mediante la disociación y el hidrógeno obtenido mediante la disociación se mezclan conjuntamente con el gas CO₂. El hidrógeno no altera la conversión y puede servir como portador de calor adicional, lo que es especialmente ventajoso cuando el carbono y el hidrógeno tienen una temperatura de 1000 °C (una temperatura de conversión preferida) o superior. En este caso no existe tras la conversión ningún CO puro sino un gas de síntesis.

30 Como alternativa puede separarse el carbono obtenido mediante la disociación antes del mezclado con el gas CO₂ del hidrógeno obtenido mediante la disociación.

35 Para el aumento de la eficacia energética del procedimiento puede usarse al menos una parte del calor al menos de una parte del carbono y/o del hidrógeno obtenidos mediante la disociación para el calentamiento del gas CO₂ antes del mezclado con el carbono y/o para el calentamiento de un recinto de proceso, en el que el gas CO₂ se mezcla con el carbono. En este sentido se observa también que el CO presenta tras la conversión una temperatura de 800 °C a 1700 °C y al menos una parte de su calor puede usarse para el precalentamiento del gas CO₂ antes del mezclado con el carbono. También es posible que al menos una parte del calor al menos de una parte del carbono y/o del hidrógeno obtenidos mediante la disociación y/o del CO se use tras la conversión para la generación de corriente eléctrica que puede proporcionarse en particular como portador de energía para el aporte de energía para la disociación del fluido que contiene hidrocarburo.

40 Preferentemente, el aporte de energía en el hidrocarburo para su disociación se realiza en primer lugar a través de un plasma. Ésta es una forma especialmente directa y por consiguiente eficaz del aporte de energía. Preferentemente se realiza la disociación en un reactor Kvaerner que permite una disociación continua de un flujo de hidrocarburos.

45 En el procedimiento para la generación de un gas de síntesis se convierte inicialmente CO₂ en CO tal como se ha descrito anteriormente y se añade mezclando al CO a continuación hidrógeno. Preferentemente, el hidrógeno procede de una disociación de un fluido que contiene hidrocarburo en carbono e hidrógeno mediante un aporte de energía que se produce al menos parcialmente por calor. La disociación puede facilitar por consiguiente por un lado el carbono necesario para la conversión de CO₂ y por otro lado el hidrógeno necesario en una fase de trabajo. En una forma de realización se genera al menos una parte del hidrógeno mediante disociación de un fluido que contiene hidrocarburo a una temperatura inferior a 1000 °C, en particular inferior a 600 °C por medio de un plasma de microondas. Allí donde se necesite hidrógeno adicional (más del producido en la fabricación del carbono necesario para la conversión de CO₂) para el ajuste de una proporción de mezcla de un gas de síntesis, puede disociarse éste preferentemente de manera energéticamente eficaz a temperaturas más bajas a partir de un fluido que contiene hidrocarburo. Preferentemente se ajusta la proporción de CO con respecto a hidrógeno en el gas de síntesis a un valor de 1:1 a 1:3, en particular a un valor de aproximadamente 1:2,1.

50

55

60

65

En el procedimiento para la generación de hidrocarburos sintéticos, funcionalizados y/o no funcionalizados, se genera inicialmente un gas de síntesis tal como se ha descrito anteriormente y éste se pone en contacto con un catalizador adecuado para producir una conversión del gas de síntesis en hidrocarburos sintéticos, funcionalizados y/o no funcionalizados, controlándose o regulándose la temperatura del catalizador y o del gas de síntesis en un intervalo de temperaturas predeterminado. A este respecto puede generarse de antemano el gas de síntesis o también directamente en el catalizador mediante mezclado de CO con hidrógeno.

En una forma de realización se produce la conversión del gas de síntesis por medio de un procedimiento de Fischer-Tropsch, en particular por medio de un procedimiento SMDS. Como alternativa se produce la conversión del gas de síntesis por medio de un procedimiento de Bergius-Pier, de un procedimiento de Pier o una combinación de un procedimiento de Pier con un procedimiento MtL. La elección del procedimiento determina esencialmente la forma de los hidrocarburos sintéticos, funcionalizados y/o no funcionalizados.

Preferentemente, el fluido que contiene hidrocarburo que va a disociarse es gas natural, metano, gas líquido, aceite pesado o una mezcla de los mismos.

El dispositivo para la conversión de dióxido de carbono CO₂ en monóxido de carbono CO tiene un convertidor de hidrocarburos para la disociación de un fluido que contiene hidrocarburo en carbono e hidrógeno, que presenta al menos un recinto de proceso con al menos una entrada para un fluido que contiene hidrocarburo y al menos una salida para carbono y/o hidrógeno y al menos una unidad para la introducción de energía en el recinto de proceso, que está compuesta al menos parcialmente por calor. Además, el dispositivo presenta un convertidor de CO₂ para la conversión de CO₂ en CO, que presenta al menos otro recinto de proceso con al menos una entrada para CO₂ para la introducción de CO₂ desde una central de combustión u otro procedimiento industrial en el convertidor de CO₂, al menos una entrada para al menos carbono y al menos una salida, estando conectada la entrada para al menos carbono directamente con la al menos una salida del convertidor de hidrocarburos. A este respecto debe transcribirse directamente en este caso que en el funcionamiento el carbono que sale del convertidor de hidrocarburos se enfría en su camino hacia el convertidor de CO₂ en no más del 50 % de su temperatura en °C, preferentemente en no más del 20 %, sin que se use energía adicional para el calentamiento del carbono. Entre el lugar de la disociación y la al menos una salida del convertidor de hidrocarburos puede preverse una unidad de separación que separa el carbono del hidrógeno. Ésta puede formar una parte del convertidor de hidrocarburos o puede estar prevista también fuera del convertidor de hidrocarburos como unidad separada. Una unidad de separación entre la salida del convertidor de hidrocarburos y la entrada de un convertidor de CO₂ no impide una conexión directa, mientras que se mantenga la condición anterior.

Preferentemente, la al menos una unidad para la introducción de energía en el recinto de proceso está configurada de modo que ésta pueda generar al menos localmente temperaturas superiores a 1000 °C, en particular superiores a 1500 °C. En una forma de realización, la al menos una unidad para la introducción de energía en el recinto de proceso es una unidad de plasma. En particular cuando la temperatura deba mantenerse para la disociación por debajo de 1000 °C, la al menos una unidad para la introducción de energía en el recinto de proceso presenta preferentemente una unidad de plasma de microondas.

Para una configuración especialmente sencilla del dispositivo, el recinto de proceso del convertidor de CO₂ se forma por un tubo de salida del convertidor de hidrocarburos que está conectado con una alimentación para gas CO₂.

En una forma de realización de la invención están previstas en la zona del convertidor de hidrocarburos una unidad de separación para la separación del carbono y del hidrógeno producidos mediante la disociación y salidas separadas para las sustancias separadas de la unidad de separación, estando conectada la salida para carbono con el convertidor de CO₂.

En caso del convertidor de hidrocarburos se trata preferentemente de un reactor Kvaerner que puede prever las temperaturas necesarias en el funcionamiento continuo para una disociación continua de un fluido que contiene hidrocarburo.

El dispositivo para la generación de un gas de síntesis presenta un dispositivo del tipo descrito anteriormente así como al menos un conducto de alimentación separado para hidrógeno en el convertidor de CO₂ o un recinto de mezcla que se encuentra aguas abajo. Un dispositivo de este tipo permite una generación sencilla y eficaz de un gas de síntesis a partir de CO₂ y un fluido que contiene hidrocarburo.

En una forma de realización, el dispositivo para la generación de un gas de síntesis presenta al menos otro convertidor de hidrocarburos para la disociación de un fluido que contiene hidrocarburo en carbono e hidrógeno. El al menos otro convertidor de hidrocarburos presenta de nuevo al menos un recinto de proceso con al menos una entrada para el fluido que contiene hidrocarburo, al menos una unidad para la introducción de energía en el recinto de proceso, que está compuesta al menos parcialmente por calor, y una unidad de separación para la separación del carbono y del hidrógeno producidos mediante la disociación con salidas separadas para carbono e hidrógeno, estando conectada la salida para hidrógeno con el conducto de alimentación separado para hidrógeno. A este respecto, el al menos otro convertidor de hidrocarburos es por motivos de eficacia energética preferentemente del tipo

que produce una disociación a temperaturas inferiores a 1000 °C, en particular inferiores a 600 °C por medio de un plasma de microondas.

En el dispositivo para la conversión de un gas de síntesis en hidrocarburos sintéticos, funcionalizados y/o no funcionalizados, un dispositivo para la generación de un gas de síntesis es del tipo anterior y está previsto un convertidor de CO. El convertidor de CO presenta un recinto de proceso, en el que está dispuesto un catalizador, medios para poner en contacto el gas de síntesis con el catalizador y una unidad de control para el control o la regulación de la temperatura del catalizador y/o del gas de síntesis a una temperatura predeterminada. A este respecto pueden estar integradas partes del dispositivo para la generación de un gas de síntesis en el convertidor de CO, tal como por ejemplo un recinto de mezcla para CO e hidrogeno adicional. En una forma de realización, el convertidor de CO presenta un convertidor de Fischer-Tropsch, en particular un convertidor SMDS. Como alternativa puede presentar el convertidor de CO también un convertidor de Bergius-Pier, un convertidor de Pier o una combinación de un convertidor de Pier con un convertidor MtL. También es posible que estén previstos varios convertidores de CO del mismo tipo o también de distintos tipos en el dispositivo.

Preferentemente, el dispositivo presenta una unidad de control para el control o la regulación de la presión del gas de síntesis en el convertidor de CO.

La invención se explica en más detalle a continuación con referencia a determinadas formas de realización por medio de los dibujos; en los dibujos muestra:

la figura 1 una representación esquemática de una instalación para la generación de monóxido de carbono;
 la figura 2 una representación esquemática de una instalación para la generación de gas de síntesis;
 la figura 3 una representación esquemática de una instalación para la generación de hidrocarburo funcionalizado y/o no funcionalizado;
 la figura 4 una representación esquemática de otra instalación para la generación de hidrocarburo funcionalizado y/o no funcionalizado de acuerdo con otra forma de realización;
 la figura 5 una representación esquemática de una instalación para la generación de hidrocarburo funcionalizado y/o no funcionalizado de acuerdo con otra forma de realización;
 la figura 6 una representación esquemática de una instalación para la generación de hidrocarburo funcionalizado y/o no funcionalizado de acuerdo con otra forma de realización;
 la figura 7 una representación esquemática de una instalación para la generación de gas de síntesis de acuerdo con otra forma de realización; y
 la figura 8 una representación esquemática de una instalación para la generación de hidrocarburo funcionalizado y/o no funcionalizado de acuerdo con otra forma de realización.

Se menciona que en la siguiente descripción las expresiones arriba, abajo, derecha e izquierda así como indicaciones similares se refieren a las orientaciones o disposiciones representadas en las figuras y sirven sólo para la descripción de los ejemplos de realización. Sin embargo no ha de entenderse estas expresiones en el sentido limitativo. Además se usan en las distintas figuras en parte los mismos números de referencia, siempre que se designen partes iguales o similares.

En la siguiente descripción se describen procedimientos y dispositivos que realizan sustancias "calientes" o procedimientos "calientes". En relación con esta descripción, la expresión "caliente" debe describir una temperatura superior a 200 °C y preferentemente superior a 300 °C.

La figura 1 representa esquemáticamente una instalación 1 para la conversión de dióxido de carbono en monóxido de carbono. A partir de la figura 1 se aclara también el desarrollo del procedimiento básico para la conversión de dióxido de carbono en monóxido de carbono de acuerdo con esta descripción.

La instalación 1 presenta un convertidor de hidrocarburos 3 que presenta una entrada de hidrocarburos 4 así como una primera salida de carbono 5, una salida de hidrógeno opcional 6 así como una segunda salida de carbono opcional 7. La instalación 1 para la generación de monóxido de carbono presenta además un convertidor de CO₂ 9 con una entrada de CO₂ 10, una entrada de carbono 11 (también denominada entrada de C) y una salida 12. El convertidor de hidrocarburos 3 y el convertidor de CO₂ 9 están dispuestos de manera que la salida de carbono 5 del convertidor de hidrocarburos 3 está conectada a través de una conexión directa 8 con la entrada de carbono 11 del convertidor de CO₂ 9, pudiendo formar la salida 5 también directamente la entrada de carbono 11 del convertidor de CO₂ 9. Así puede transportarse carbono desde el convertidor de hidrocarburos 3 directamente al convertidor de CO₂ 9.

El convertidor de hidrocarburos 3 es cualquier convertidor de hidrocarburos que pueda convertir o disociar los hidrocarburos alimentados en carbono e hidrógeno. El convertidor de hidrocarburos 3 presenta un recinto de proceso con una entrada para un fluido que contiene hidrocarburo, al menos una unidad para la introducción de energía de disociación en el fluido y al menos una salida. La energía de disociación se facilita al menos parcialmente mediante calor que se genera por ejemplo mediante un plasma. Sin embargo puede facilitarse también de otra manera y cuando se realiza en primer lugar una disociación a través de calor, entonces debería calentarse el fluido a más de

1000 °C en particular hasta una temperatura superior a 1500 °C.

En la forma de realización representada se usa un reactor Kvaerner que facilita por medio de un arco de plasma en un quemador de plasma el calor necesario. Sin embargo se conocen también otros reactores que funcionan a temperaturas más bajas en particular inferiores a 1000 °C e introducen además del calor energía adicional al hidrocarburo, tal como por ejemplo a través de un plasma de microondas. Tal como se explica aún en más detalle a continuación, la invención tiene en cuenta los dos tipos de reactor (y también aquéllos que funcionan sin un plasma), en particular también en combinación entre sí. Los convertidores de hidrocarburos que funcionan a una temperatura de más de 1000 °C se designan a continuación reactores de alta temperatura, mientras que aquéllos que trabajan a temperaturas inferiores a 1000 °C, en particular a una temperatura entre 200 °C y 1000 °C, se designan reactores de baja temperatura.

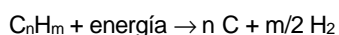
En el reactor se generan, por medio de calor y/o un plasma, hidrógeno y carbono a partir de hidrocarburos (C_nH_m). A este respecto, los hidrocarburos se introducen preferentemente en forma gaseosa en el reactor. En caso de hidrocarburos líquidos en condiciones normales pueden llevarse éstos a forma gaseosa antes de la introducción en el reactor, o podrían introducirse también en una forma finamente pulverizada. Ambas formas se denominan a continuación fluidos.

La separación de los hidrocarburos debería realizarse a ser posible con la exclusión de oxígeno, para impedir la formación indeseada de óxidos de carbono o agua. Cantidades bajas de oxígeno que se introducen por ejemplo con los hidrocarburos, no son sin embargo tampoco perjudiciales a su vez para el procedimiento.

En el reactor Kvaerner descrito anteriormente se separan fluidos que contienen hidrocarburos en un quemador de plasma a alta temperatura en carbono puro (por ejemplo en forma de carbón activo, negro de carbono, grafito u hollín industrial) e hidrógeno y eventualmente impurezas. Los fluidos que contienen hidrocarburos como sustancias de entrada para el convertidor de hidrocarburos 3 son por ejemplo metano, gas natural, biogases, gases líquidos o aceite pesado. Sin embargo pueden usarse también hidrocarburos sintéticos, funcionalizados y/o no funcionalizados como sustancias de entrada para el convertidor de hidrocarburos 3. Tras la separación inicial, los elementos se encuentran por regla general como una mezcla, en particular en forma de un aerosol. Esta mezcla, tal como se describe a continuación, puede alimentarse de esta forma a otro procedimiento o puede separarse también en una correspondiente unidad de separación no representada en sus elementos individuales. Una unidad de separación de este tipo se considera en el contexto de esta solicitud como parte del convertidor de hidrocarburos 3, también cuando ésta puede realizarse naturalmente también como unidad separada. Cuando no está prevista ninguna unidad de separación, entonces la salida de carbono 5 es la única salida del convertidor de hidrocarburos 3, que conduce una mezcla (un aerosol) de carbono e hidrógeno directamente al convertidor de CO_2 9. Con una unidad de separación, puede conducirse a través de la salida de carbono 5 carbono separado al menos parcialmente del hidrógeno al convertidor de CO_2 9. A través de las salidas opcionales 6 y 7 pueden descargarse entonces hidrógeno separado y eventualmente carbono adicional.

El convertidor de CO_2 9 puede ser cualquier convertidor de CO_2 adecuado, que pueda generar el monóxido de carbono (CO) a partir de carbono (C) y dióxido de carbono (CO_2). En la forma de realización de la figura 1, el convertidor de CO_2 9 funciona según una parte de la reacción de alto horno conocida en la técnica, que se desarrolla a temperaturas entre aproximadamente 750 °C y 1200 °C sin la necesidad de un catalizador. Preferentemente, el convertidor de CO_2 9 funciona a una temperatura entre 800 °C y 1000 °C, facilitándose el calor necesario para la obtención de esta temperatura en primer lugar mediante el material de salida del convertidor de hidrocarburos 3, tal como se explica aún en más detalle a continuación. En el convertidor de CO_2 9 se conduce CO_2 a través de carbono caliente o se mezcla con éste (y eventualmente hidrógeno) para que se convierta de acuerdo con el equilibrio químico $CO_2 + C \rightarrow 2 CO$. El convertidor de CO_2 9 funciona de la mejor manera en el equilibrio de Boudouard y a una temperatura de 1000 °C. A temperaturas de 800 °C se suministra aproximadamente el 94 % de monóxido de carbono y a temperaturas aproximadamente de 1000 °C se suministra aproximadamente el 99 % de monóxido de carbono. Un aumento de la temperatura adicional no conlleva ya modificaciones esenciales.

El funcionamiento de la instalación 1 para la conversión de dióxido de carbono en monóxido de carbono se explica en más detalle a continuación con referencia a la figura 1. A este respecto se parte a continuación de que el convertidor de hidrocarburos 3 es un reactor de alta temperatura del tipo Kvaerner. Los fluidos que contienen hidrocarburos (en particular en forma gaseosa) se introducen a través de la entrada de hidrocarburos 4 en el convertidor de hidrocarburos 3. Si el hidrocarburo es por ejemplo metano (CH_4), entonces se producen 1 mol de carbono y 2 moles de hidrógeno a partir de 1 mol de metano. Los hidrocarburos se convierten en el convertidor de hidrocarburos 3 a aproximadamente 1600 °C de acuerdo con el siguiente equilibrio de reacción, siendo la energía alimentada calor que se genera en el plasma por medio de energía eléctrica:



En la correspondiente conducción del procedimiento, el reactor Kvaerner puede obtener en el funcionamiento continuo una conversión casi del 100 % del hidrocarburo en sus componentes.

A continuación se parte de que el carbono y el hidrógeno se separan en el convertidor de hidrocarburos 3 y se descargan en gran parte de manera separada. Sin embargo también es posible que no se realice una separación y el carbono y el hidrógeno se descarguen como mezcla y se alimenten al convertidor de CO₂ 9. El hidrógeno no altera el procedimiento de conversión en el convertidor de CO₂ 9, sin embargo puede servir como portador de calor adicional. El carbono se introduce al menos parcialmente de manera directa a través de la salida de carbono 5 en la entrada de carbono 11 del convertidor de CO₂ 9. A este respecto debe comprender la conducción "directa" desde la salida 5 del convertidor de hidrocarburos 3 hacia la entrada de carbono 11 del convertidor de CO₂ 9 todas aquellas variantes con las que no se produzca ningún enfriamiento de más del 50 % con respecto a la temperatura (preferentemente de no más del 80 %) de las sustancias conducidas. Dado que el carbono que sale del convertidor de hidrocarburos 3 presenta una alta temperatura, preferentemente por encima de 1000 °C, puede usarse la energía térmica contenida en éste para la obtención de la temperatura necesaria para los procedimientos de conversión en el convertidor de CO₂ 9, que funciona preferentemente a una temperatura de aproximadamente 1000 °C.

La conexión 8 entre el convertidor de hidrocarburos 3 y el convertidor de CO₂ 9 está configurada de modo que no se enfría fuertemente el carbono en el camino desde el convertidor de hidrocarburos 3 hacia el convertidor de CO₂ 9 (en menos del 50 %, preferentemente menos del 20 % con respecto a la temperatura). Por ejemplo, la conexión 8 puede estar especialmente aislada y/o incluso puede estar calentada activamente, no introduciéndose calor adicional al sistema preferentemente (además de la alimentación de calor en el convertidor de hidrocarburos 3). El hidrógeno generado en el convertidor de hidrocarburos 3 contiene igualmente energía térmica debido a la temperatura de funcionamiento en el convertidor de hidrocarburos 3. Por tanto, una posibilidad de calentamiento de la conexión 8 consiste en usar la energía térmica del hidrógeno descargado desde la salida de hidrógeno 6, directa o indirectamente a través de una disposición de intercambiador de calor para el calentamiento de la conexión 8 entre el convertidor de hidrocarburos 3 y el convertidor de CO₂ 9.

En el convertidor de CO₂ 9 se conduce CO₂, que se introduce a través de la entrada de CO₂ 10 del convertidor de CO₂ 9, a través del carbono caliente y/o se mezcla con éste. El convertidor de CO₂ 9 funciona de la mejor manera en el equilibrio de Boudouard, que se ajusta en la reacción de dióxido de carbono con carbono caliente. La reacción, que el experto conoce, depende de la presión y temperatura y no se describe en detalle en el presente documento. O bien la cantidad del CO₂ introducido en el convertidor de CO₂ 9 o bien la cantidad del carbono puede controlarse y/o regularse mediante medios adecuados.



El CO₂ procede de una central de combustión (central térmica de carbón, central eléctrica de gas y/o central eléctrica de petróleo) o de otro procedimiento industrial (tal como por ejemplo la fabricación de acero o de cemento) que genere cantidades adecuadas de CO₂. Dependiendo de la temperatura del CO₂ de la fuente de CO₂, es ventajoso precalentar el CO₂ introducido en la entrada de CO₂ 10 del convertidor de CO₂ 9, dado que el convertidor de CO₂ 9 funciona a una temperatura entre 800 °C y 1200 °C. Un precalentamiento del CO₂ puede obtenerse por ejemplo usando la energía térmica contenida en el hidrógeno caliente directa o indirectamente a través de una disposición de intercambiador de calor para el precalentamiento del CO₂. Sin embargo, preferentemente es suficiente también el calor contenido en el carbono para llevar el CO₂ a la temperatura deseada. Únicamente para el caso de que el calor generado en el convertidor de hidrocarburos 3 no sea suficiente para obtener la temperatura de conversión deseada de aproximadamente 1000 °C, puede preverse una unidad de calentamiento adicional opcional para el calentamiento del convertidor de CO₂ 9 o de los elementos que se encuentran en el mismo. Una de este tipo puede usarse también como una unidad de precalentamiento en la zona de un conducto de alimentación para el CO₂ o el carbono. Puede usarse también solo para la puesta en marcha de la instalación, para llevar inicialmente el convertidor de CO₂ 9 o partes de la instalación que conducen medios a una temperatura de partida, para que el sistema obtenga más rápidamente un estado de temperatura deseado. El calentamiento de todas las partes que conducen medios absolutamente a través del calor generado en el convertidor de hidrocarburos 3 podría durar inicialmente demasiado tiempo.

Del convertidor de CO₂ 9 sale monóxido de carbono (CO) caliente a una temperatura de aproximadamente 800 °C a 1000 °C (dependiendo de la temperatura de funcionamiento del convertidor de CO₂ 9). El monóxido de carbono que sale del convertidor de CO₂ 9 contiene por tanto igualmente energía térmica que puede usarse directa o indirectamente a través de un intercambiador de calor no mostrado en la figura 1 por ejemplo para el precalentamiento del CO₂ introducido en la entrada de CO₂ 10.

Tal como se ha mencionado anteriormente, puede presentar el convertidor de hidrocarburos 3 una segunda salida de carbono 7 para la descarga del carbono. El carbono generado en el convertidor de hidrocarburos 3, tras una correspondiente separación (o también como mezcla de C-H₂) en distintas proporciones, puede descargarse desde la primera salida de carbono 5 y de la segunda salida de carbono 7. La segunda salida de carbono 7 se usa para extraer eventualmente una proporción del carbono generado que no se usa en el convertidor de CO₂ 9 para la generación de monóxido de carbono. El carbono extraído de la segunda salida de carbono 7 puede extraerse como carbón activo, grafito, negro de carbono u otra modificación, tal como conos de carbón o discos de carbón. Dependiendo de la forma y la calidad del carbono extraído puede usarse el carbono extraído como materia prima en la industria química o para la industria electrónica. Ciertas posibles aplicaciones son por ejemplo la fabricación de

semiconductores, fabricación de neumáticos, tintas, tóners o productos similares. El carbono generado por el convertidor de hidrocarburos 3 es una materia prima altamente pura que puede procesarse bien.

5 Con ayuda del procedimiento representado anteriormente para la conversión de dióxido de carbono en CO es posible convertir el carbono caliente del convertidor de hidrocarburos 3 con dióxido de carbono de templado a caliente del aire de escape de procedimientos industriales en el convertidor de CO₂ 9 sin o al menos sin aporte de energía externa notable en monóxido de carbono. Preferentemente, al menos el 80 %, en particular al menos el 90 % del calor necesario para la obtención de la temperatura de conversión debería proceder del convertidor de hidrocarburos 3.

10 En la figura 2 se muestra una instalación 20 para la generación de gas de síntesis que presenta los elementos anteriormente descritos de la instalación 1 para la generación de monóxido de carbono así como una mezcladora 21 que presenta una entrada de CO 22 para la introducción de monóxido de carbono y una entrada de H₂ 23 para la introducción de hidrógeno así como una salida de gas de síntesis 24 para la descarga del gas de síntesis. La entrada de CO 22 está conectada con la salida de CO 12 del convertidor de CO₂ 9. La entrada de H₂ 23 de la mezcladora 21 está conectada con la salida de H₂ 6 del convertidor de hidrocarburos 3. Tal como puede distinguir el experto se genera en la realización, en la que se conduce una mezcla de C-H₂ a través de la salida de carbono 5 al convertidor de CO₂ 9, automáticamente un gas de síntesis con una proporción de mezcla de CO-H₂ de aproximadamente 1:1. En este caso puede suprimirse eventualmente una mezcladora 21 o puede usarse para el ajuste de otras proporciones de mezclado.

15 La mezcladora 21 puede ser cualquier dispositivo adecuado para el mezclado de gases y por ejemplo en un caso sencillo puede adoptar la forma de una tubería con correspondientes entradas y una salida. Con ayuda de la mezcladora 21 y en particular mediante un control/una regulación del hidrógeno introducido (adicionalmente) a través de la entrada de H₂ 23 de la mezcladora 21, puede verse influido el mezclado del gas de síntesis en la salida de gas de síntesis 24 de modo que se obtenga una composición necesaria para los siguientes procedimientos.

20 Para muchos procedimientos, por ejemplo la síntesis de Fischer-Tropsch, la proporción de hidrógeno con respecto a CO debe ser lo más alta posible. Con ayuda de la mezcladora 21 puede ajustarse una proporción discrecional de hidrógeno con respecto a CO en la salida de gas de síntesis 24. Se considera que sólo una parte del CO y/o sólo una parte del hidrógeno se introduce en la mezcladora 21, mientras que las partes no introducidas en la mezcladora de CO e hidrógeno pueden sacarse respectivamente como gas puro del procedimiento. Por tanto es posible, por ejemplo, a) sacar sólo CO, b) sacar sólo hidrógeno, c) sacar una mezcla de gas de síntesis de CO e hidrógeno o d) sacar un flujo de CO, un flujo de hidrógeno y un flujo de una mezcla de gas de síntesis (CO + hidrógeno).

25 Adicionalmente, la instalación 20 para la generación de gas de síntesis de la figura 2 presenta un primer intercambiador de calor 25, un segundo intercambiador de calor 26 y un tercer intercambiador de calor 27. El primer intercambiador de calor 25 se encuentra en contacto térmicamente conductor con la conexión 8 entre el convertidor de hidrocarburos 3 y el convertidor de CO₂ 9 y es adecuado para retirar de la conexión calor eventualmente en exceso, que no es necesario para la obtención de la temperatura de conversión en el convertidor de CO₂ 9, o para alimentar calor de otras zonas de la instalación, siempre que esto sea necesario.

30 El segundo intercambiador de calor 26 se encuentra en contacto térmicamente conductor con la conexión entre el convertidor de CO₂ 9 y la mezcladora 21 y es adecuado para retirar calor en exceso de la conexión y por consiguiente del CO caliente que se encuentra en la misma. Éste puede usarse por ejemplo para el precalentamiento del CO₂ introducido en el convertidor de CO₂ 9. Para ello se ofrecería en particular un denominado intercambiador de calor en contracorriente, tal como se conoce en la técnica.

35 El tercer intercambiador de calor 27 se encuentra en contacto térmicamente conductor con la conexión entre el convertidor de hidrocarburos 3 y la mezcladora 21 y es adecuado para retirar calor en exceso de la conexión y por consiguiente del hidrógeno caliente que se encuentra en la misma. El calor evacuado en el primer, segundo o tercer intercambiador de calor puede usarse para el calentamiento de otras zonas de la instalación, en particular para el mantenimiento en caliente del convertidor de CO₂ o para el precalentamiento del CO₂ introducido en el convertidor de CO₂. Una parte del calor puede convertirse en corriente también por ejemplo mediante un generador de vapor y una turbina de vapor u otro dispositivo adecuado.

40 El funcionamiento de la instalación 20 para la generación de gas de síntesis se parece, en lo que se refiere al funcionamiento del convertidor de hidrocarburos 3 y del convertidor de CO₂ 9, al funcionamiento anteriormente descrito de la instalación 1 de acuerdo con la figura 1. En la instalación 20 para la generación de gas de síntesis se ajusta dependiendo de la composición deseada del gas de síntesis en la mezcladora 21 una proporción de mezcla deseada de hidrógeno con respecto a CO y se descarga en la salida de gas de síntesis 24 de la mezcladora, facilitándose el hidrógeno preferentemente, tal como se ha descrito, sin embargo no obligatoriamente mediante el convertidor de hidrocarburos 3. En el presente documento también son concebibles otras fuentes de hidrógeno, en particular también un segundo convertidor de hidrocarburos 3, en particular un convertidor de baja temperatura. En caso de que no se usen toda la cantidad de CO puesta a disposición y/o toda la cantidad de H₂ puesta a disposición, las proporciones no conducidas conjuntamente en la mezcladora de los respectivos gases CO o H₂ respectivamente

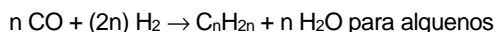
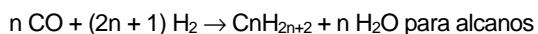
pueden procesarse individualmente.

La figura 3 muestra una instalación 30 para la generación de hidrocarburos sintéticos, funcionalizados y/o no funcionalizados, que presenta una instalación 1 para la conversión de dióxido de carbono en monóxido de carbono (tal como se ha mostrado en la figura 1) y un convertidor de CO 31. La parte de instalación que corresponde a la instalación 1 no se explica en más detalle para evitar repeticiones. El convertidor de CO 31 está dispuesto aguas abajo con respecto al convertidor de CO₂ 9 y presenta una entrada de CO 32 para la introducción de CO, una entrada de H₂ 33 para la introducción de hidrógeno y una salida de hidrocarburo 34 para la descarga de hidrocarburos sintéticos, funcionalizados y/o no funcionalizados. La entrada de CO 32 del convertidor de CO 31 está conectada con la salida de CO 12 del convertidor de CO₂ 9 mediante una conexión de CO 35. La entrada de H₂ 33 del convertidor de CO 31 está conectada mediante una conexión de H₂ 36 con la salida de H₂ 6 del convertidor de hidrocarburos 3.

La instalación 30 para la generación de hidrocarburos presenta opcionalmente también los intercambiadores de calor 25, 26, 27 descritos en relación con la instalación 20 (figura 2), que funcionan de la manera descrita anteriormente (véase la descripción de la figura 2).

El convertidor de CO 31 puede ser cualquier convertidor de CO para la fabricación de hidrocarburos sintéticos, funcionalizados y/o no funcionalizados. En la forma de realización mostrada de la figura 3, el convertidor de CO es preferentemente o bien un convertidor de Fischer-Tropsch, un convertidor de Bergius-Pier o un convertidor de Pier con un correspondiente catalizador y una unidad de control de la temperatura y/o presión.

En una forma de realización, el convertidor de CO 31 presenta un convertidor de Fischer-Tropsch. Un convertidor de Fischer-Tropsch convierte catalíticamente un gas de síntesis en hidrocarburos y agua. El experto conoce distintas realizaciones de reactores de Fischer-Tropsch y procedimientos de Fischer-Tropsch, que en el presente documento no se representarán en detalle. Los equilibrios de reacciones principales son tal como sigue:



Los procedimientos de Fischer-Tropsch pueden realizarse como procedimientos a alta temperatura o como procedimientos a baja temperatura, encontrándose las temperaturas de procedimiento generalmente entre 200 °C y 400 °C. Ciertas variantes conocidas del procedimiento de Fischer-Tropsch son entre otras la síntesis de alta carga, la síntesis de synthol y el procedimiento SMDS de la empresa Shell (SMDS = *Shell Middle Distillate Synthesis*). Mediante un convertidor de Fischer-Tropsch se genera normalmente un compuesto de hidrocarburo de gases líquidos (propano, butano), bencina, queroseno (gasóleo), parafina blanda, parafina dura, metanol, combustible diesel de metano o una mezcla de varios de los mismos. La síntesis de Fischer-Tropsch es exotérmica, tal como conoce el experto. El calor de reacción del procedimiento de Fischer-Tropsch puede usarse por medio de un intercambiador de calor (no mostrado en las figuras), por ejemplo para el precalentamiento de CO₂. Se considera por ejemplo un precalentamiento de dos etapas del CO₂ introducido en el convertidor de CO₂ 9, realizándose en primer lugar un precalentamiento por medio del calor residual del convertidor de CO 31 (en la realización como convertidor de Fischer-Tropsch) y después un calentamiento adicional del CO₂ por medio del calor de uno o varios de los intercambiadores de calor 25, 26, 27.

En una forma de realización alternativa, el convertidor de CO 31 presenta un convertidor de Bergius-Pier o una combinación de un convertidor de Pier con un convertidor MtL (MtL = *Methanol-to-Liquid*).

En un convertidor de Bergius-Pier se desarrolla el procedimiento de Bergius-Pier conocido completamente por el experto, en el que se generan hidrocarburos mediante hidrogenación de carbono con hidrógeno en una reacción exotérmica. El espectro de los productos de salida del procedimiento de Bergius-Pier depende de las condiciones de reacción y de la conducción de la reacción. Se obtienen productos finales principalmente líquidos que pueden usarse como combustibles, por ejemplo aceites pesados y medios. Ciertos desarrollos conocidos del procedimiento de Bergius-Pier son por ejemplo el procedimiento de Konsol y el procedimiento de H-Coal.

En la combinación mencionada anteriormente de un convertidor de Pier con un convertidor MtL se convierte inicialmente gas de síntesis según el procedimiento de Pier conocido en metanol. El convertidor MtL es un convertidor en el que se convierte metanol en bencina. Un procedimiento extendido es el procedimiento MtL de la empresa ExxonMobil o Esso. El producto de entrada del convertidor MtL es normalmente metanol, por ejemplo del convertidor de Pier. El producto de salida que se genera por el convertidor MtL es normalmente bencina que es adecuada para el funcionamiento de un motor de gasolina.

En resumen puede decirse que en el convertidor de CO 31, da igual con cual de los principios descritos anteriormente funcione éste, pueden fabricarse como productos finales hidrocarburos funcionalizados y/o no funcionalizados de

manera sintética a partir de CO y H₂. El calor de procedimiento que se produce con la reacción exotérmica en el convertidor de CO 31, puede usarse de nuevo mediante un intercambiador de calor o bien para el calentamiento de distintas zonas de la instalación o para la generación de corriente para mejorar el rendimiento de las instalaciones descritas en el presente documento.

5 Siempre que exista como producto de salida del convertidor de CO 31 una mezcla de hidrocarburos, que no puede procesarse directamente tras su separación y refinamiento o no puede venderse de manera rentable como producto acabado, pueden reconducirse estos hidrocarburos, por ejemplo metano o parafinas de cadena corta al procedimiento descrito en el presente documento. Para este fin, la instalación 30 presenta una conexión de retorno
10 39, con ayuda de la cual puede conducirse una parte de los hidrocarburos generados sintéticamente de vuelta hacia la entrada de hidrocarburos 4 del convertidor de hidrocarburos 3. Dependiendo de la combinación de los hidrocarburos generados sintéticamente, reconducidos se realiza antes de la introducción en la entrada de hidrocarburos 4 aún un procesamiento o separación de hidrocarburos no adecuados.

15 La figura 4 muestra otra forma de realización de una instalación 40 para la generación de hidrocarburos sintéticos, funcionalizados y/o no funcionalizados. La instalación 40 presenta la instalación 20 descrita anteriormente para la generación de un gas de síntesis así como un convertidor de CO 31, tal como se ha descrito anteriormente con relación al ejemplo de realización de la figura 3. La salida de gas de síntesis 24 de la mezcladora 21 está conectada con el convertidor de CO 31. La mezcladora 21 está ajustada a este respecto de modo que suministre a su salida de
20 gas de síntesis 24 un gas de síntesis que está adaptado especialmente a las necesidades del convertidor de CO 31 usado. Los elementos restantes de la instalación 40 son los mismos que los descritos anteriormente y también el funcionamiento de los elementos individuales se realiza esencialmente del modo y manera descritos anteriormente.

25 Se considera que dependiendo del tamaño de la instalación, pueda hacerse funcionar una multiplicidad de convertidores de hidrocarburos uno junto a otro para proporcionar la capacidad de conversión deseada. Tal como se ha mencionado anteriormente, los convertidores de hidrocarburos pueden estar realizados como convertidores de hidrocarburos de alta temperatura y/o como convertidores de hidrocarburos de baja temperatura. Un convertidor de hidrocarburos de alta temperatura funciona a temperaturas superiores a 1000 °C y un convertidor de hidrocarburos de baja temperatura funciona a temperaturas entre 200 y 1000 °C, estando prevista como fuente de energía adicional
30 por ejemplo una unidad de microondas que acopla energía directamente en el hidrocarburo para obtener una disociación en carbono e hidrógeno.

35 Como ejemplo de una instalación con una multiplicidad de convertidores de hidrocarburos que se hacen funcionar uno junto a otro muestra la figura 5 otra realización de la instalación 30 para la generación de hidrocarburos sintéticos, funcionalizados y/o no funcionalizados. En la figura 5 se usan los mismos números de referencia que en formas de realización anteriores, siempre que se describan elementos iguales o similares. En la realización mostrada en la figura 5 está prevista, en lugar de un convertidor de hidrocarburos 3 individual, una combinación de un convertidor de hidrocarburos de alta temperatura 3a y de un convertidor de hidrocarburos de baja temperatura 3b.

40 El convertidor de hidrocarburos de alta temperatura 3a presenta una entrada de hidrocarburos 4a, una primera salida 5a para la descarga de carbono y una segunda salida 6a para la descarga de hidrógeno. Sin embargo, de nuevo puede preverse también una sola salida 5a para una mezcla (en particular un aerosol) de carbono e hidrógeno. La salida 5a está conectada a través de una conexión 8 con la entrada 11 del convertidor de CO₂ 9. La salida 6a opcional del convertidor de hidrocarburos de alta temperatura 3a está conectada con la entrada de H₂ 33 del
45 convertidor de CO 31. El convertidor de hidrocarburos de alta temperatura 3a puede presentar opcionalmente otra salida, no mostrada en la figura 5, para carbono.

50 El convertidor de hidrocarburos de baja temperatura 3b presenta un recinto de proceso con una entrada de hidrocarburos 4b, una primera salida 5b para la descarga de carbono, una segunda salida 6b para la descarga de hidrógeno, y una tercera salida 7b opcional para la descarga de carbono. Preferentemente, el convertidor de hidrocarburos de baja temperatura 3b presenta una unidad de separación para separar hidrógeno y carbono tras la disociación y alimentarlos a las respectivas salidas. La primera salida 5b está conectada opcionalmente a través de la conexión 8 con la entrada 11 del convertidor de CO₂ 9, sin embargo puede estar conectada también con una unidad colectora de carbono. La salida 6b del convertidor de hidrocarburos de baja temperatura 3b está conectada con la
55 entrada de H₂ 33 del convertidor de CO 31. La tercera salida 7b opcional está conectada con una unidad colectora de carbono, de la que puede tomarse el carbono acumulado por ejemplo como negro de carbono, carbón activo u otra forma.

60 El hidrocarburo que se introduce en la entrada de hidrocarburos 4a y en la entrada de hidrocarburos 4b puede ser el mismo hidrocarburo o pueden ser distintos hidrocarburos. En la entrada de hidrocarburos 4a puede introducirse hidrocarburo de una primera fuente de hidrocarburos, por ejemplo gas natural de una reserva de gas natural. En la entrada de hidrocarburos 4b del convertidor de hidrocarburos de baja temperatura 3b puede introducirse, por el contrario, por ejemplo hidrocarburo funcionalizado y/o no funcionalizado fabricado sintéticamente, por ejemplo a través de la conexión de retorno 39 opcional mencionada anteriormente. Mediante el uso de varios convertidores de
65 hidrocarburos 3a, 3b que se hacen funcionar de manera paralela puede ajustarse más fácilmente, puede controlarse más fácilmente la instalación 30 y pueden fabricarse distintos tipos de carbono.

Además puede usarse por ejemplo ventajosamente el convertidor de hidrocarburos de alta temperatura 3a para generar carbono "caliente" preferentemente con una temperatura superior a 1000 °C para la conversión de CO₂ en el convertidor de CO₂ 9. Según esto, el convertidor de hidrocarburos de alta temperatura 3a puede lograr resolver la tarea en particular sin una unidad de separación, dado que la mezcla de C-H₂ obtenida mediante la disociación puede introducirse directamente en el convertidor de CO₂ 9. En este caso emite el convertidor de CO₂ 9 entonces a la salida por ejemplo un gas de síntesis con una proporción de mezcla de C-H₂ de aproximadamente 1:1.

El convertidor de hidrocarburos de baja temperatura 3b se usa por el contrario en primer lugar para la generación de hidrógeno adicional para poder proporcionarlo para la generación de un gas de síntesis o de una mezcla de C-H₂ con una proporción de mezcla de C-H₂ superior a 1:1, en particular superior a 1:2 para el convertidor de CO 31. Dado que en este caso no es necesaria ninguna transferencia de calor desde el convertidor de hidrocarburos de baja temperatura 3b a un procedimiento siguiente, puede hacerse funcionar éste ventajosamente con temperaturas inferiores a 1000 °C y preferentemente a la temperatura más baja posible.

En el funcionamiento de la instalación 30 puede introducirse por consiguiente una parte del carbono generado en los convertidores de hidrocarburos 3a, 3b (preferentemente el del convertidor de hidrocarburos de alta temperatura 3a) en el convertidor de CO₂ 9, mientras que otra parte (preferentemente la del convertidor de hidrocarburos de baja temperatura 3b) puede conducirse fuera del procedimiento como sustancia base para la generación de otros productos. Tales productos son por ejemplo negro de carbono u hollín industrial, carbón activo, modificaciones especiales del carbono tales como discos de carbón y conos de carbón etc., lo que se encuentra como sólido negro, en forma de polvo. Este carbono es un producto técnico importante que se usa por ejemplo como carga en la industria de caucho, como pigmento negro para tintas, tintas chinas y lacas o como sustancia de partida para la fabricación de componentes eléctricos, por ejemplo para baterías de zinc-carbón y para la fabricación de cátodos o ánodos. Eventualmente, el hidrógeno en exceso puede desviarse para la industria química o puede usarse también para la generación de corriente (mediante combustión), haciéndose funcionar el convertidor de hidrocarburos de baja temperatura 3b preferentemente de modo que proporcione sólo el hidrógeno adicional necesario.

La figura 6 muestra una realización alternativa de la instalación 40 descrita anteriormente para la generación de hidrocarburos sintéticos, funcionalizados y/o no funcionalizados, en la que igualmente está prevista una multiplicidad de convertidores de hidrocarburos de alta temperatura y/o de baja temperatura que se hacen funcionar de manera paralela.

La instalación 40 mostrada en la figura 6 para la generación de hidrocarburos se diferencia de la instalación 30 mostrada en la figura 5 debido a que delante del convertidor de CO 31 está conectada previamente una mezcladora 21 que mezcla conjuntamente un gas de síntesis adaptado especialmente para el convertidor de CO 31 y lo suministra al convertidor de CO 31. Los elementos representados en la figura 6 se describieron anteriormente ya previamente y funcionan también según los principios descritos anteriormente. Por tanto se prescinde en este caso de una nueva descripción detallada para evitar repeticiones.

Las figuras 7 y 8 muestran formas de realización de las instalaciones 20 y 30, que presentan un primer intercambiador de calor 25, un segundo intercambiador de calor 26 y un tercer intercambiador de calor 27, que están conectados respectivamente con una disposición de motor/generador 45. La disposición de motor/generador 45 es adecuada para generar a partir del calor en exceso de distintos puntos de la instalación corriente eléctrica al menos parcialmente, que o bien puede alimentarse a una red eléctrica general o bien puede usarse para el funcionamiento de la instalación 20, 30 en particular del/de los convertidores de hidrocarburos. Además, la disposición de motor/generador 45 puede estar conectada con un intercambiador de calor no mostrado en la figura 8 en el convertidor de CO 31 que desvía el calor que se produce en el procedimiento de conversión exotérmico que se desarrolla en el convertidor de CO 31. Así, por un lado puede enfriarse el convertidor de CO 31 de manera controlada o regulada, lo que es ventajoso para la conducción del procedimiento, y por otro lado puede generarse corriente eléctrica. La disposición de motor/generador 45 puede ser cualquier dispositivo que sea adecuado para la producción de electricidad a partir de energía térmica, por ejemplo una combinación de una turbina de vapor y un generador o un motor de émbolo y un generador.

La disposición de motor/generador 45 produce electricidad en el funcionamiento de la proporción del calor en exceso en la instalación, es decir el calor que no se usa para la obtención de la conversión de CO₂.

La disposición de motor/generador 45 y los intercambiadores de calor 25, 26 y 27 son elementos opcionales que pueden usarse en todas las instalaciones mencionadas anteriormente. También el carbono descargado desde la respectiva segunda salida de carbono 7, 7a, 7b contiene una energía térmica considerable debido a la temperatura de funcionamiento en el respectivo convertidor de hidrocarburos 3, 3a, 3b. Dependiendo de la temperatura deseada del carbono descargado puede desviarse una parte grande de esta energía térmica por medio de intercambiadores de calor no mostrados en las figuras y puede usarse de nuevo en los procedimientos descritos en el presente documento y/o puede convertirse mediante la disposición de motor/generador 45 en corriente.

En las instalaciones 30 y 40 para la generación de hidrocarburos sintéticos funcionales y/o no funcionales se realiza el enfriamiento del hidrógeno del convertidor de hidrocarburos 3, 3a, 3b y/o del CO del convertidor de CO₂ 9 sólo en

tanto que la temperatura de funcionamiento del convertidor de CO 31 no se quede por debajo. La temperatura de funcionamiento del convertidor de CO 31 se encuentra normalmente a 200 °C a 400 °C, dependiendo del procedimiento usado.

5 El convertidor de hidrocarburos 3 puede ser en todas las instalaciones descritas anteriormente un reactor de alta temperatura que funciona a una temperatura superior a 1000 °C (por ejemplo un reactor Kvaerner de alta temperatura), o un reactor de baja temperatura que funciona a una temperatura entre 200 °C y 1000 °C (por ejemplo un reactor Kvaerner de baja temperatura). Un reactor de baja temperatura probado actualmente funciona a temperaturas de desde 300 °C hasta 800 °C. En el caso de un reactor de baja temperatura que funciona a
10 temperaturas de desde 200 °C hasta 800 °C se tiene en cuenta que se precalienta el carbono introducido en la conexión 8 entre el convertidor de hidrocarburos 3 y el convertidor de CO₂ 9, dado que el convertidor de CO₂ 9 funciona a temperaturas de desde 800 °C hasta 1000 °C. A partir de las figuras 7 y 8 se aclara además que una combinación de convertidores de hidrocarburos de alta temperatura y/o de baja temperatura puede usarse en todas las instalaciones 1, 20, 30 y 40 descritas anteriormente.

15 Igualmente puede tomarse en todas las instalaciones 1, 20, 30 y 40 descritas anteriormente una parte del carbono generado en el convertidor de hidrocarburos 3, 3a, 3b como negro de carbono, carbón activo u otra materia prima, siempre que este carbono no se haga reaccionar en el convertidor de CO₂ 9 de la instalación 1, 20, 30, 40. Adicionalmente ha de mencionarse que igualmente una parte del hidrógeno generado en el convertidor de hidrocarburos 3 puede descargarse directamente del procedimiento y puede comercializarse como materia prima. Además puede realizarse opcionalmente en todas las instalaciones 30 y 40 descritas anteriormente una reconducción de proporciones no deseadas de los hidrocarburos funcionalizados y/o no funcionalizados generados sintéticamente en el convertidor de CO 31 a la entrada de hidrocarburos 4, 4a, 4b del convertidor de hidrocarburos 3.

25 Se tiene en cuenta que el CO₂ introducido en el convertidor de CO₂ 9 representa un gas de escape de una central de combustión o se produce en otro procedimiento industrial. Recientemente se presta atención de manera reforzada a que se libere menos CO₂ al ambiente, dado que CO₂ se considera como sustancia nociva climática. En los gases de escape mencionados, el CO₂ está mezclado con otros gases, entre otros con una proporción grande nitrógeno del aire. Con ninguna de las instalaciones 1, 20, 30, 40 mencionadas anteriormente es necesario separar el nitrógeno antes de la introducción en el convertidor de CO₂ 9. Siempre que estos gases se encuentren sólo en cantidades bajas o sean inertes (por ejemplo nitrógeno) no se altera por regla general el funcionamiento del convertidor de CO₂ 9 mediante estos gases conducidos conjuntamente. Una proporción de oxígeno residual se quema en el convertidor de CO₂ 9 con la alta temperatura de funcionamiento y la presencia de carbono.

35 Para la ilustración adicional siguen algunos ejemplos de aplicación:

Ejemplo 1: central eléctrica de gas sin CO₂

40 Con ayuda de un reactor Kvaerner como convertidor de hidrocarburos 3 se descompone metano en carbono e hidrógeno. A este respecto se produce por átomo de carbono dos moléculas de hidrógeno ($\text{CH}_4 \rightarrow \text{C} + 2 \text{H}_2$). Partiendo de una central eléctrica de gas convencional con alto rendimiento, por ejemplo el tipo Irsching IV de la empresa Siemens AG con 561 MW de potencia nominal, se conduce el CO₂ obtenido en el aire de escape al convertidor de CO₂ 9, aproximadamente 1,5 millones de toneladas al año. Con la mitad del carbono del convertidor de hidrocarburo 3 se reduce en el convertidor de CO₂ 9 el CO₂ del aire de escape de la central eléctrica de gas. El hidrógeno del convertidor de hidrocarburos 3 se enfría y del calor residual se produce corriente eléctrica por medio de la disposición de motor/generador 45. El CO₂ de la central eléctrica de gas se conduce entonces en el convertidor CO₂ 9 a través del carbono caliente y de acuerdo con el equilibrio de Boudouard ($\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow 2 \text{CO}$) se transforma en la cantidad doble de monóxido de carbono. El monóxido de carbono caliente que sale del convertidor de CO₂ 9 se enfría y del calor residual se produce corriente eléctrica. El monóxido de carbono del convertidor de CO₂ 9 (equilibrio de Boudouard) y el hidrógeno del convertidor de hidrocarburos 3 (procedimientos de Kvaerner) se hacen reaccionar en un convertidor de CO 31 (instalación de Fischer-Tropsch) para dar hidrocarburos. Se prefiere un módulo de síntesis de parafinas pesadas con módulo de conversión de parafinas pesadas posterior del procedimiento SMDS (= procedimiento *Shell Middle Distillate Synthesis* (síntesis de destilados medios de Shell)) de la empresa Shell. Del calor del procedimiento se produce corriente eléctrica. Los hidrocarburos obtenidos dependen del procedimiento de Fischer-Tropsch seleccionado y pueden variarse en el procedimiento SMDS de la empresa Shell.

55 En la central eléctrica de gas considerada (561 MW) con un rendimiento del 60,4 %, un rendimiento de la producción de corriente eléctrica a partir del calor del procedimiento del 60 % y un rendimiento de la producción de corriente eléctrica a partir del calor residual del 50 % tiene el procedimiento los siguientes parámetros:

60	Consumo de metano	2515 mill. Nm ³ de CH ₄ /año
	Generación de electricidad	313 MW
	Producción de negro de carbono	447000 t/año
	Producción de parafinas	1,0 mill. t/año
	Emisión de CO ₂	casi 0
	Rendimiento	Central eléctrica de gas 33,7 %

Total 66,8 %

Ejemplo 2: instalación GtL Gas-a-líquido

5 Si se hace funcionar la instalación del ejemplo 1 sin producción de corriente eléctrica a partir del calor del procedimiento y calor residual, entonces no se genera ninguna cantidad de corriente notable. Una instalación GtL o Gas-a-líquido se trata entonces de un procedimiento para la conversión de sustancias gaseosas (dióxido de carbono y metano) en combustibles líquidos (gasolina y combustible diésel, queroseno). En el presente ejemplo se produce carbono adicional.

10 Los parámetros son los siguientes:

Consumo de metano	2515 mill. Nm ³ de CH ₄ /año
Generación de electricidad	0 MW
Producción de negro de carbono	447000 t/año
Producción de parafinas	1,0 mill. t/año
Emisión de CO ₂	casi 0

15 La invención se explicó en más detalle por medio de formas de realización especiales y por medio de algunos ejemplos, sin limitarse a ellos. En particular los elementos de las formas de realización individuales pueden combinarse y/o intercambiarse entre sí, siempre que sean compatibles. Para el experto resultan sin embargo numerosas modificaciones y desviaciones que se encuentran en el alcance de la invención. En una configuración especialmente sencilla de una instalación para la generación de hidrocarburos sintéticos funcionales y/o no funcionales puede estar configurado el convertidor de CO₂ por ejemplo como una tubería sencilla (por ejemplo un tubo de salida de un convertidor de hidrocarburos de alta temperatura que no presenta ninguna unidad de separación) en la que desemboca una conducción de CO₂. A este respecto, la conducción de CO₂ debería desembocar en la tubería de modo que se obtenga un buen mezclado de los respectivos flujos de medios. La tubería debería estar rodeada por un aislamiento y podría encontrarse en contacto por ejemplo en la zona de un extremo de entrada con una unidad de calentamiento para precalentar la tubería en particular al inicio del funcionamiento a una temperatura de funcionamiento. Más aguas abajo podría encontrarse en contacto la tubería de nuevo con un intercambiador de calor que puede desviar el calor en exceso y eventualmente puede usarlo para el calentamiento de otras zonas de la instalación y/o para la generación de corriente. En la tubería puede estar presente adicionalmente (por ejemplo aguas abajo del intercambiador de calor) un conducto de alimentación para hidrógeno, de modo que la misma tubería puede hacerse cargo no sólo de la función de un convertidor de CO₂ sino también de una mezcladora para la generación de un gas de síntesis. El conducto de alimentación para hidrógeno puede proceder por ejemplo de una salida de hidrógeno de un convertidor de hidrocarburos de baja temperatura (con unidad de separación). Un extremo de salida de la tubería, en la que puede emitirse un gas de síntesis con una proporción de mezcla predeterminada, podría terminar entonces en un convertidor de CO.

20

25

30

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la conversión de dióxido de carbono CO₂ en monóxido de carbono CO, que presenta las siguientes etapas:
- 5 disociar un fluido que contiene hidrocarburo en carbono e hidrógeno en un convertidor de hidrocarburos mediante un aporte de energía, que se produce al menos parcialmente mediante calor, en el que el carbono y el hidrógeno tras la disociación presentan una temperatura de al menos 200 °C; conducir al menos una parte del carbono, que se obtuvo a partir de la disociación, desde el convertidor de hidrocarburos hacia un convertidor de CO₂;
- 10 introducir CO₂, que procede de una central de combustión o de otro procedimiento industrial que genera cantidades adecuadas de CO₂, en el convertidor de CO₂;
- mezclar el gas de CO₂ con la al menos una parte del carbono, que se obtuvo a partir de la disociación, en donde el carbono obtenido mediante la disociación en el mezclado con el gas CO₂ se ha enfriado en como máximo el 50 % en °C con respecto a su temperatura tras la disociación;
- 15 convertir al menos una parte del gas CO₂ y del carbono obtenido mediante la disociación en CO a una temperatura de 800 °C a 1700 °C.
2. Procedimiento para la conversión de CO₂ en CO según la reivindicación 1, en el que se realiza la disociación a una temperatura superior a 1000 °C y el carbono con una temperatura de al menos 800 °C se mezcla con el gas CO₂; procediendo el calor necesario para la obtención de la temperatura de 800 °C a 1700 °C para la conversión de CO₂ preferentemente y esencialmente de manera completa del calor que se proporciona para la disociación del fluido que contiene hidrocarburo.
- 25 3. Procedimiento para la conversión de CO₂ en CO según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el carbono obtenido mediante la disociación y el hidrógeno obtenido mediante la disociación se mezclan conjuntamente con el gas CO₂.
- 30 4. Procedimiento para la conversión de CO₂ en CO según una de las reivindicaciones 1 o 2, en el que el carbono obtenido mediante la disociación se separa, antes del mezclado con el gas CO₂, del hidrógeno obtenido mediante la disociación.
5. Procedimiento para la conversión de CO₂ en CO según una de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una parte del calor de al menos de una parte del carbono y/o del hidrógeno obtenidos mediante la disociación y/o del CO tras la conversión se usa para el precalentamiento del gas CO₂ antes del mezclado con el carbono y/o para la generación de corriente eléctrica, que en particular se proporciona como soporte energético para el aporte de energía para la disociación del fluido que contiene hidrocarburo.
- 35 6. Procedimiento para la conversión de CO₂ en CO según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el aporte de energía se realiza en primer lugar a través de un plasma, en particular en un reactor Kvaerner.
- 40 7. Procedimiento para la generación de gas de síntesis, en el que se convierte CO₂ en CO según una las reivindicaciones anteriores y se mezcla con hidrógeno.
- 45 8. Procedimiento para la generación de un gas de síntesis según la reivindicación 7, en el que el hidrógeno se genera mediante disociación de un fluido que contiene hidrocarburo en carbono e hidrógeno mediante un aporte de energía que se produce al menos parcialmente por calor; y en el que en particular al menos una parte del hidrógeno se genera mediante disociación de un fluido que contiene hidrocarburo a una temperatura inferior a 1000 °C, en particular inferior a 600 °C, por medio de un plasma de microondas.
- 50 9. Procedimiento para la generación de hidrocarburos sintéticos, funcionalizados y/o no funcionalizados, en el que inicialmente se genera un gas de síntesis según una de las reivindicaciones 7 u 8 y éste se pone en contacto con un catalizador adecuado para producir una conversión del gas de síntesis en hidrocarburos sintéticos, funcionalizados y/o no funcionalizados, en donde la temperatura del catalizador y o del gas de síntesis se controlan o se regulan en un intervalo de temperatura predeterminado.
- 55 10. Procedimiento para la generación de hidrocarburos sintéticos, funcionalizados y/o no funcionalizados según la reivindicación 9, en el que la conversión del gas de síntesis se realiza por medio de uno de los siguientes procedimientos: procedimiento de Fischer-Tropsch, procedimiento SMDS, procedimiento de Bergius-Pier, procedimiento de Pier o una combinación de un procedimiento de Pier con un procedimiento MtL.
- 60 11. Dispositivo para la conversión de dióxido de carbono CO₂ en monóxido de carbono CO, que presenta lo siguiente:
- 65 un convertidor de hidrocarburos para la disociación de un fluido que contiene hidrocarburo en carbono e hidrógeno, que presenta al menos un recinto de proceso con al menos una entrada para un fluido que contiene

- 5 hidrocarburo y al menos una salida para carbono y/o hidrógeno y al menos una unidad para la introducción de energía en el recinto de proceso, que está compuesta al menos parcialmente por calor;
- un convertidor de CO₂ para la conversión de CO₂ en CO, que presenta al menos otro recinto de proceso con al menos una entrada para CO₂ para la introducción de CO₂ desde una central de combustión u otro procedimiento industrial en el convertidor de CO₂, al menos una entrada para al menos carbono y al menos una salida, estando la entrada para al menos carbono conectada directamente a la al menos una salida del convertidor de hidrocarburos.
- 10 12. Dispositivo para la conversión de dióxido de carbono CO₂ en monóxido de carbono CO según la reivindicación 11, en el que la al menos una unidad para la introducción de energía en el recinto de proceso está configurada de modo que puede generar al menos localmente temperaturas superiores a 1000 °C, y/o la al menos una unidad para la introducción de energía en el recinto de proceso presenta preferentemente una unidad de plasma en un reactor Kvaerner, en particular una unidad de plasma de microondas.
- 15 13. Dispositivo para la conversión de dióxido de carbono CO₂ en monóxido de carbono CO según una de las reivindicaciones 11 o 12, en el que el recinto de proceso del convertidor de CO₂ está formado por un tubo de salida del convertidor de hidrocarburos, que está conectado a una alimentación para gas CO₂, y/o en el que está prevista además una unidad de separación para la separación del carbono y del hidrógeno producidos mediante la disociación y en el que están previstas salidas separadas para las sustancias separadas de la unidad de separación, estando la salida para carbono conectada al convertidor de CO₂.
- 20 14. Dispositivo para la generación de un gas de síntesis, que presenta un dispositivo según una de las reivindicaciones 11 a 13, así como al menos un conducto de alimentación separado para hidrógeno en el convertidor de CO₂ o un recinto de mezcla que se encuentra aguas abajo.
- 25 15. Dispositivo para la generación de un gas de síntesis según la reivindicación 14, con al menos otro convertidor de hidrocarburos para la disociación de un fluido que contiene hidrocarburo en carbono e hidrógeno, que presenta lo siguiente:
- 30 al menos un recinto de proceso con al menos una entrada para el fluido que contiene hidrocarburo, al menos una unidad para la introducción de energía en el recinto de proceso, que está compuesta al menos parcialmente por calor,
- 35 una unidad de separación para la separación del carbono y del hidrógeno producidos mediante la disociación con salidas separadas para carbono e hidrógeno, estando la salida para hidrógeno conectada al conducto de alimentación separado para hidrógeno;
- siendo el al menos otro convertidor de hidrocarburos preferentemente del tipo que produce una disociación a temperaturas inferiores a 1000 °C, en particular inferiores a 600 °C, por medio de un plasma de microondas.
- 40 16. Dispositivo para la conversión de un gas de síntesis en hidrocarburos sintéticos, funcionalizados y/o no funcionalizados, que presenta lo siguiente:
- un dispositivo según una de las reivindicaciones 14 o 15; y
- un convertidor de CO con un recinto de proceso en el que está dispuesto un catalizador y medios para conducir el gas de síntesis en contacto con el catalizador, y una unidad de control para el control o la regulación de la temperatura del catalizador y/o del gas de síntesis a una temperatura predeterminada.
- 45 17. Dispositivo según la reivindicación 16, en el que el convertidor de CO presenta uno de los siguientes: un convertidor de Fischer-Tropsch, un convertidor SMDS, un convertidor de Bergius-Pier, un convertidor de Pier o una combinación de un convertidor de Pier con un convertidor MtL.
- 50

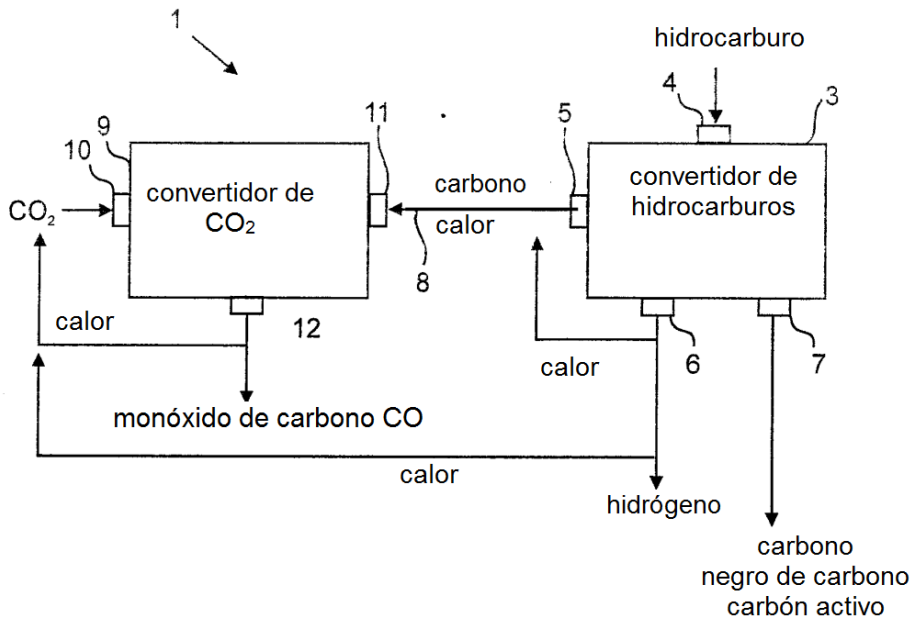


Fig. 1

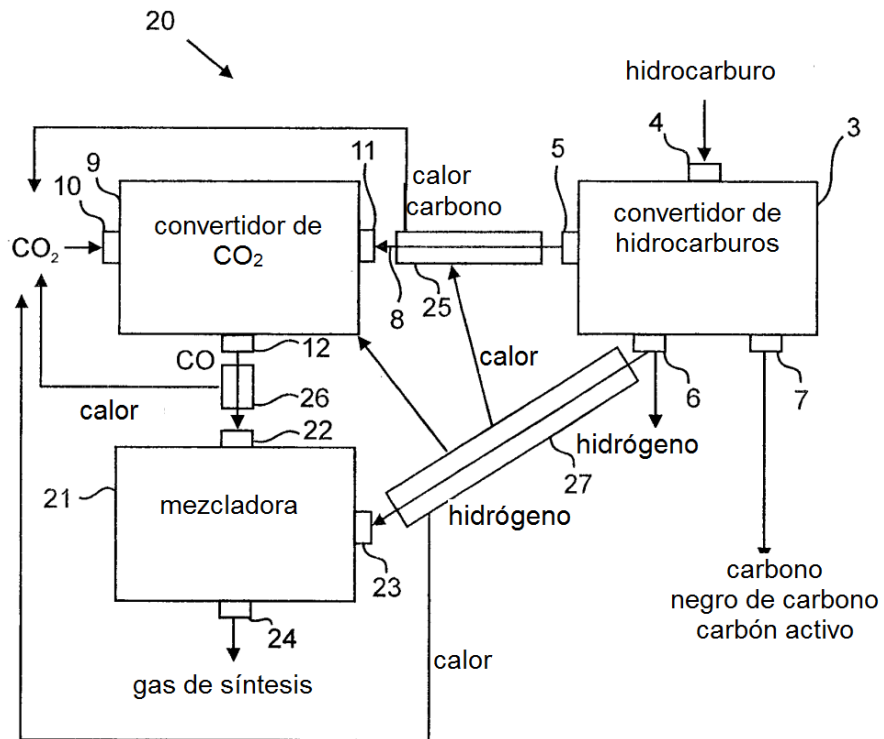
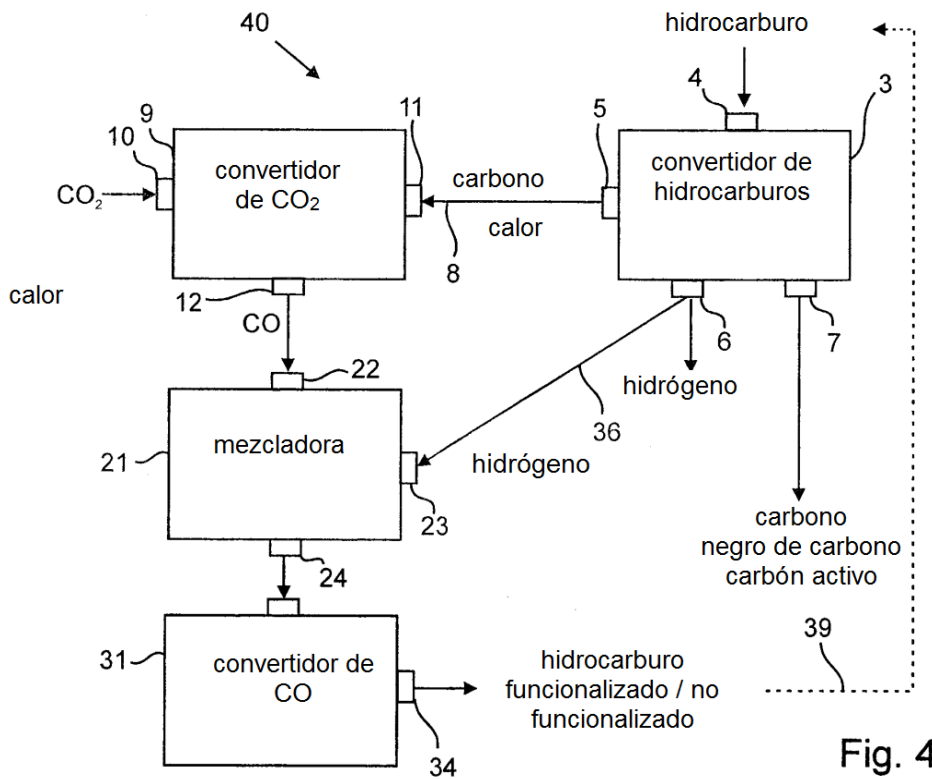
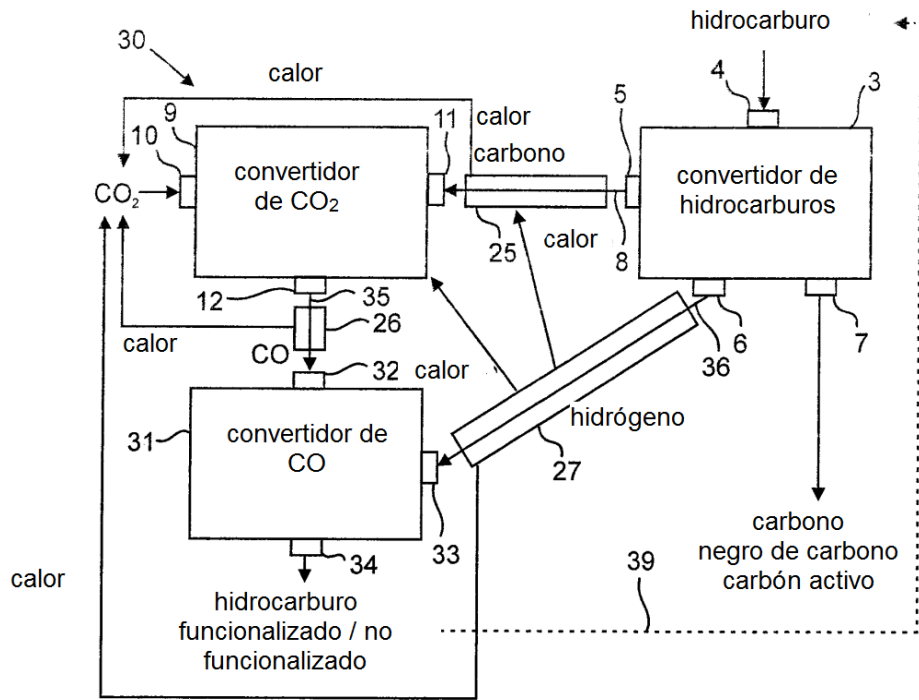
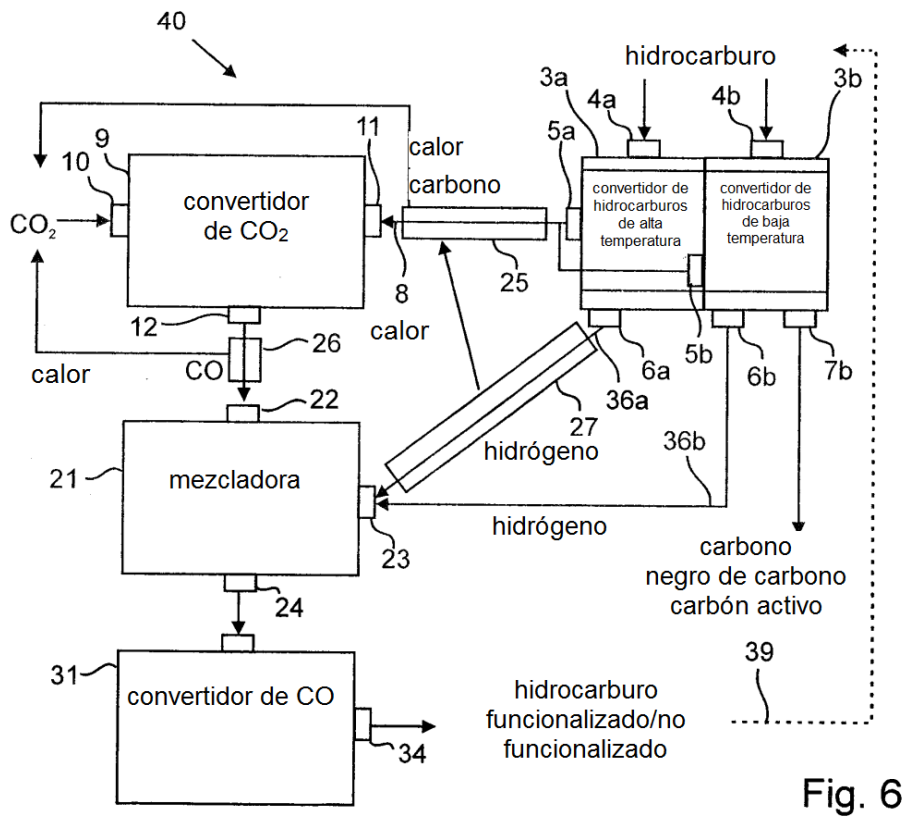
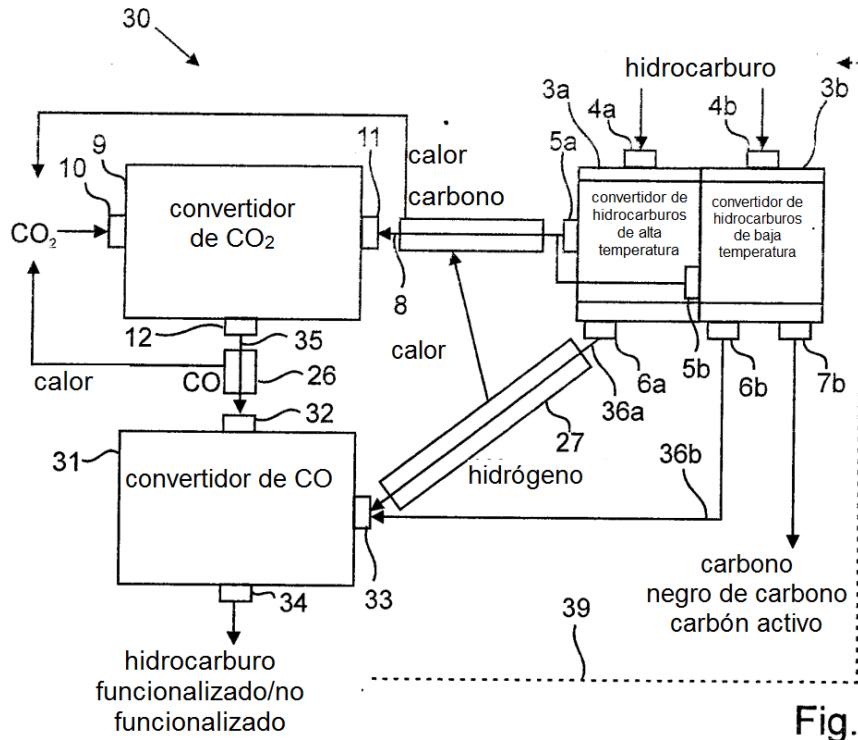


Fig. 2





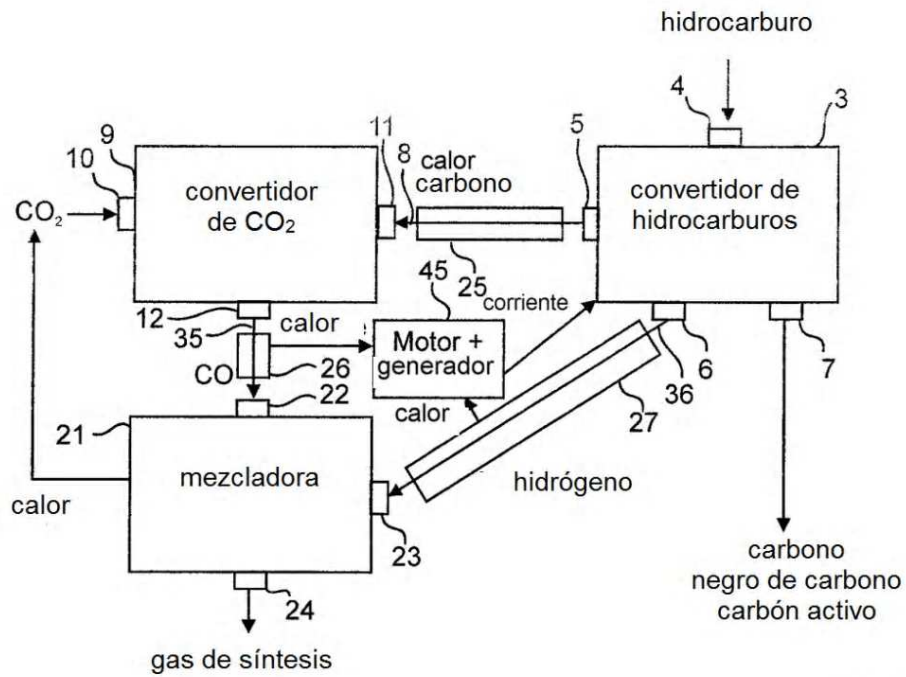


Fig. 7

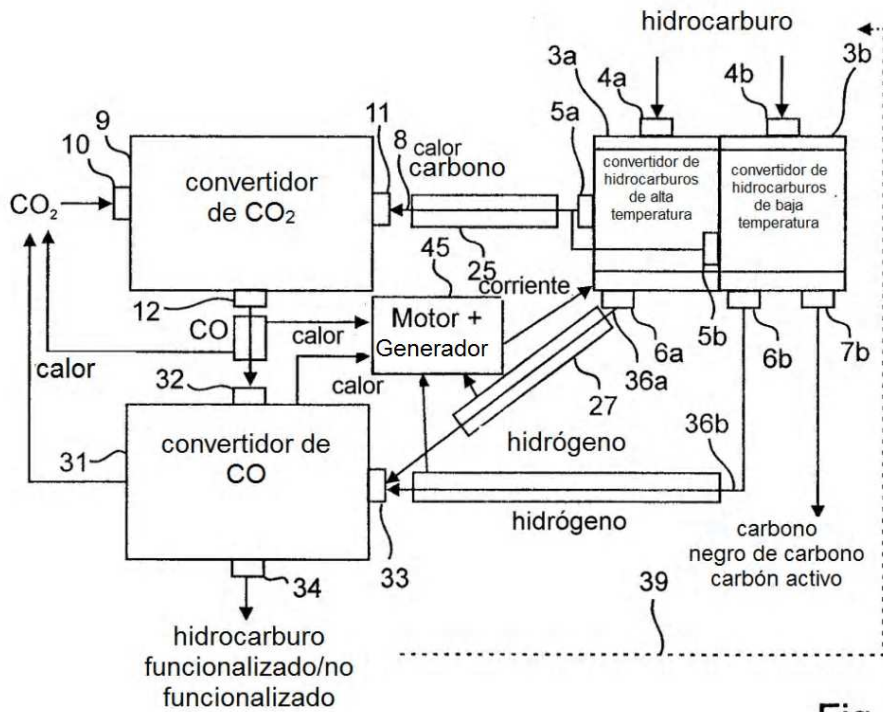


Fig. 8