

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 637 015**

51 Int. Cl.:

C01B 3/38 (2006.01)

C01B 3/48 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.09.2009 PCT/US2009/058769**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.04.2010 WO10037093**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.09.2009 E 09817033 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.05.2017 EP 2342308**

54 Título: **Generador de gas de síntesis combinado**

30 Prioridad:

29.09.2008 US 101138 P

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

10.10.2017

73 Titular/es:

**GTLPETROL LLC (100.0%)
153 E. 53rd Street Room 5100
New York, NY 10022, US**

72 Inventor/es:

ALLAM, RODNEY J.

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 637 015 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

Generador de gas de síntesis combinado

CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a generadores de gas de síntesis combinados.

5 ANTECEDENTES

Actualmente, cuando se produce gas de síntesis que contiene monóxido de carbono e hidrógeno, se proporciona una alimentación de hidrocarburo y oxígeno y opcionalmente vapor a un reactor de oxidación parcial, y el producto del reactor de oxidación parcial y/o una parte de la corriente de alimentación son entonces proporcionados a un reformador catalítico. Opcionalmente el calor es recuperado para elevar el vapor en una unidad separada. Las tuberías de alta presión y de alta temperatura conectan los diferentes reactores, que también incluyen bases separadas o estructuras de soporte separadas. El documento US 4.822.521 se refiere a un proceso integrado y a un aparato para la reforma de vapor catalítico principal y secundario de hidrocarburos.

RESUMEN

15 La invención está dirigida a un sistema para producir gas de síntesis que contiene al menos hidrógeno y monóxido de carbono, que comprende:

un reactor de oxidación parcial (POX) que hace reaccionar exotérmicamente una primera parte de una corriente de alimentación de hidrocarburo con un gas oxidante que comprende oxígeno molecular y opcionalmente vapor y dióxido de carbono en un primer reactor para producir un producto de gas de síntesis generado exotérmicamente, en el que la corriente de alimentación incluye metano;

20 un reformador de gas calentado (GHR) posicionado junto al POX que reforma endotérmicamente una segunda parte de la corriente de alimentación de hidrocarburo con vapor y opcionalmente dióxido de carbono sobre un catalizador en un reformador de intercambio de calor para producir un producto de gas de síntesis reformado endotérmicamente, en el que el calor utilizado en la generación del producto de gas de síntesis reformado endotérmicamente es derivado del calor liberado enfriando el vapor combinado del gas de síntesis producido procedente del POX y el GHR;

25 una zona de mezcla dispuesta entre los tubos de la etapa de GHR y de POX en las que se mezclan los gases procedentes de la etapa de POX y de la etapa de GHR; y

una caldera de calor residual (WHB) posicionada junto al GHR que genera vapor utilizando calor derivado enfriando la corriente de gas de síntesis combinada procedente del GHR; y

30 en el que el POX, el GHR y la WHB están contenidos en un único recipiente a presión independiente de la tubería entre el POX, el GHR, y la WHB y que tienen mezcla interna entre gas de síntesis del POX y el gas de síntesis del GHR para producir una corriente de gas de síntesis POX combinada que fluye sobre tubos del GHR proporcionando calor para reacciones de reforma endotérmica y que hace pasar las corrientes de gas de síntesis combinadas para salir de un lado de carcasa del GHR y entrar en la WHB para proporcionar calor para la producción de vapor,

caracterizado por que

35 una disposición interna del GHR incluye una lámina de tubos que incluye una abertura a través de la cual se puede hacer pasar un flujo de gas de síntesis total aislado de una corriente de vapor alimentada de GHR total a través de una cubierta asegurada a una parte de la lámina de tubos y que la cubre, en la que están asegurados los tubos de GHR.

40 Los detalles de una o más implementaciones se exponen en los dibujos adjuntos y en la siguiente descripción. Otras características, objetos, y ventajas de las implementaciones resultarán evidentes a partir de la descripción y de los dibujos.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La fig. 1 ilustra un sistema de generación de gas de síntesis combinado ejemplar.

La fig. 2 ilustra una parte del sistema de generación de gas de síntesis combinado ejemplar ilustrado en la fig. 1.

La fig. 3 ilustra otra parte del sistema de generación de gas de síntesis combinado ejemplar ilustrado en la fig. 1.

45 La fig. 4 ilustra un proceso para producir gas de síntesis que utiliza el sistema ejemplar ilustrado en la fig. 1.

La fig. 5 ilustra una parte de un sistema de generación de gas de síntesis combinado ejemplar.

La fig. 6 ilustra una sección transversal ejemplar del sistema de generación de gas de síntesis ejemplar ilustrado en las

figs. 1, 2, y 5.

La fig. 7 ilustra una sección transversal ejemplar del sistema de generación de gas de síntesis ejemplar ilustrado en las figs. 1, 2, y 5.

Números de referencia similares en los diferentes dibujos indican elementos similares.

5 DESCRIPCIÓN DETALLADA

Se ha descrito que una corriente de alimentación es procesada para producir corrientes de gas de síntesis (por ejemplo, corrientes que incluyen hidrógeno y monóxido de carbono). Las corrientes de alimentación procesadas pueden incluir una variedad de corrientes de alimentación que incluyen metano, tales como gas natural, combustibles de hidrocarburo, gases ricos en metano tales como metano de lecho de carbón o biogás (por ejemplo, corriente producida a partir de la descomposición anaeróbica de materia). Las corrientes de alimentación pueden incluir hidrocarburos líquidos o gaseosos, tales como gas natural y gas de petróleo licuado y destilados.

El sistema de generación de gas de síntesis combinado puede integrar un reactor de oxidación parcial (POX) y un reformador catalítico calentado por gas (GHR) (por ejemplo, un reformador catalítico de vapor calentado por convección/hidrocarburo) de tal manera que el gas de síntesis producido por el POX es mezclado con el gas de síntesis procedente del GHR. La corriente combinada puede ser utilizada para calentar el GHR (por ejemplo, ya que el gas de síntesis producido por el POX y el GHR puede tener una temperatura suficiente para calentar la alimentación que entra en el GHR y/o el vapor que entra en el GHR y proporcionar el calor endotérmico de reacción requerido para cubrir la alimentación de vapor y de hidrocarburo en el GHR para producir gas de síntesis). Opcionalmente los gases de alimentación para el POX y/o el GHR pueden incluir una corriente de CO₂ para producir una relación CO a H₂ requerida en la corriente de generación de gas de síntesis combinada.

La corriente combinada, que incluye gas de síntesis, puede dejar el lado de carcasa del GHR enfriado y ser enfriado adicionalmente en una caldera de calor residual (WHB). En sistemas de generación de gas de síntesis de tres etapas, la WHB puede ser una etapa integrada del sistema de generación de gas de síntesis. En sistemas de generación de gas de síntesis de dos etapas, la WHB puede ser un reactor separado. El calor procedente de la corriente combinada que deja el lado de carcasa del GHR puede calentar agua de alimentación de caldera para producir vapor que ha de ser utilizado por el POX y/o el GHR. El vapor puede ser producido por la WHB a una presión suficientemente alta para permitir que el vapor se mezcle con el combustible de hidrocarburo para el GHR y/o el POX. En algunas implementaciones, la corriente de vapor y de alimentación resultante puede ser precalentada adicionalmente por un medio externo.

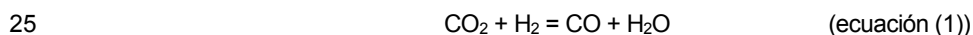
Convencionalmente, el POX, el GHR, y la WHB son construidos como tres unidades separadas, por ejemplo, recipientes de presión separados conectados por tuberías y ubicados en una estructura de soporte. La disposición general requiere tubería aislada internamente y/o tubería de acero de aleación de alta calidad, caras, y soportes asociados, etc. Un sistema de generación de gas de síntesis combinado puede reducir costes (por ejemplo, ya que puede utilizarse una tubería menos cara y ya que pueden eliminarse conexiones entre unidades separadas previamente) mientras que mantiene las características de proceso y de funcionamiento y mantenimiento y seguridad deseadas en un sistema de generación de gas de síntesis. Otra característica de una única unidad de reactor para las operaciones secuenciales de oxidación parcial, reforma auto-térmica y opcionalmente recuperación de calor residual, es generar vapor internamente de modo que la corriente de gas de síntesis pase a través de la unidad compuesta sin requerir que el gas de síntesis pase a través de cualquier conexión de tubería entre las unidades.

La fig. 1 ilustra un sistema 100 de generación de gas de síntesis ejemplar y las figs. 2 y 3 ilustran partes del sistema 100 de generación de gas de síntesis. El sistema 100 de generación de gas de síntesis ilustrado es un sistema de generación de gas de síntesis de tres etapas en el que la etapa 1 de POX, la etapa 5 de GHR y la etapa 14 de WHB están dispuestas verticalmente. Una disposición vertical puede disminuir la huella requerida para el sistema de generación de gas de síntesis combinado cuando es comparada con sistemas de generación de gas combinados convencionales y/o sistemas de generación de gas de unidad separada convencionales. Reducir la huella del sistema puede ser más rentable (por ejemplo, reducir los requisitos de terreno), permitiendo que el sistema sea posicionado en entornos de huella reducidos, y/o permitiendo que el sistema de generación de gas de síntesis combinado (por ejemplo, junto con otros componentes del proceso total) sea fabricado como un único módulo de dimensiones compactas y peso mínimo.

Como se ha ilustrado, la etapa 1 de POX es posicionada próxima a la parte inferior del sistema 100 de generación de gas de síntesis. La etapa 14 de WHB es posicionada próxima a la parte superior del sistema 100 de generación de gas de síntesis y la etapa 5 de GHR es posicionada entre la etapa de WHB y la etapa de POX. La etapa 1 de POX puede incluir un conjunto 2 de quemador de POX que incluye una entrada 3 de alimentación y otra entrada 4. Se puede proporcionar una corriente de oxígeno y/o una corriente de vapor a la etapa 1 de POX a través de la otra entrada 4. Los quemadores del conjunto 2 de quemador pueden estar configurados para inhibir zonas de mezcla pequeñas o insignificantes en la etapa 1 de POX. Por ejemplo, los quemadores pueden estar configurados para producir un flujo de vórtice estable.

Un espacio 6 de mezclado puede residir por encima de la etapa 1 de POX y por debajo de los tubos 7 de la etapa 5 de GHR. La etapa 6 de mezclado puede incluir un volumen suficiente para una mezcla eficiente de los gases de alta

temperatura producidos por el quemador 2 y/o durante un tiempo de residencia suficiente para que se produzcan las reacciones de altas temperaturas tales como las reacciones de oxidación parcial y desplazamiento. Esto puede producir el rendimiento máximo de gas de síntesis con la relación de CO a H₂ requerida mientras que minimiza la producción de partículas de carbono sólido. Los tubos 7 pueden ser llenados al menos parcialmente con un catalizador apropiado para la reforma de vapor catalítica de vapor de alimentación que entra en la etapa de GHR a través de la entrada 19 de GHR. Los tubos 7 están fijados en una lámina 7' de tubo en el extremo frío y no tiene fijación en el extremo caliente permitiendo la expansión sin restricciones a la temperatura de funcionamiento. Los tubos 7 de la etapa 5 de GHR pueden incluir una restricción 9 (por ejemplo, una boquilla de salida) para aumentar la velocidad de descarga de gas. Aumentar la velocidad de descarga de gas puede promover una buena mezcla entre las corrientes de gas de producto de POX y de GHR. La mezcla también puede ser promovida disponiendo una placa perforada 8 en la corriente de flujo de gas combinada (por ejemplo, gas combinado procedente de los tubos 7 de la etapa 5 de GHR y de la etapa 1 de POX). La placa 8 está ubicada por encima de las boquillas de salida 9 de los tubos 7 de GHR. Una capa de partículas (por ejemplo, una capa de partículas 560 en la fig. 5) puede incluir gránulos o pellets en forma sólida 560 que pueden ser colocados por encima de la placa perforada. Estos gránulos o pellets pueden incluir un material inerte tal como alúmina o sílice, u otros materiales inertes capaces de soportar la temperatura de funcionamiento. Los gránulos o pellets pueden filtrar al menos una parte de las partículas de carbono en el reactor POX para impedir la carga excesiva del reactor GHR. El carbono atrapado en la superficie de estos gránulos o pellets reaccionará rápidamente con el vapor en exceso presente en la corriente de gas de síntesis combinada (por ejemplo, a las temperaturas de funcionamiento de más de 1000° C), y esta retirada continua del carbono sólido depositado inhibirá el bloqueo debido al carbono sólido. En algunas implementaciones, los gránulos o pellets pueden incluir catalizadores, tales como catalizadores para promover la reacción de desplazamiento de gas de agua. Véase la ecuación (1). Esto puede establecer una aproximación cercana al equilibrio que permitirá, bajo condiciones de alta temperatura, la conversión de parte del dióxido de carbono presente en la corriente de gas de síntesis a monóxido de carbono por reacción exotérmica con hidrógeno. Esto también puede reducir la temperatura del gas de síntesis.



Los tubos 7 de la etapa 5 de GHR pueden estar acoplados (por ejemplo, fijados) a una lámina 7' de tubos. La lámina 7' de tubos puede ser soportada en un anillo de soporte 10 que está acoplado (por ejemplo, soldado) a la carcasa 11 de la etapa 1 de POX y de la etapa 5 de GHR. La posición de la lámina 7' de tubos de GHR en el anillo de soporte 10 puede ser retenida por miembros de acoplamiento 21 (por ejemplo, espárragos, pernos, etc.).

Una corriente de alimentación de GHR, que puede incluir vapor y una parte de la alimentación de hidrocarburo y/o de CO₂ puede fluir hacia la etapa 5 de GHR a través de una entrada 19 de GHR. La entrada de GHR puede incluir una parte flexible 24, para, por ejemplo, compensar la expansión térmica cuando la unidad está a su temperatura de funcionamiento. La etapa 5 de GHR puede incluir una cubierta de cabezal 20 próxima a una parte superior de una etapa de GHR. La cubierta de cabezal 20 puede ser acoplada, descentrada, a una brida superior de la etapa 5 de GHR utilizando un miembro de acoplamiento 22 (por ejemplo, espárragos, pernos, etc.) de modo que cubra (al menos una parte de) la sección superior de la lámina 7' de tubos y cubra todos los tubos 7 de GHR. La sección superior entera de los tubos 7 de GHR puede estar cubierta por la cubierta de cabezal 20. Una parte interna de la boquilla de entrada 19 puede ser separada de la pared 11 del recipiente para facilitar la retirada del cabezal 20 superior de GHR y/o permitir el acceso a cada uno de los tubos de reactor llenos de catalizador.

Como se ha ilustrado, la etapa 5 de GHR incluye un lado de carcasa tabicado de forma segmentada. El lado de carcasa de la etapa 5 de GHR tiene un corte segmentado 12 en la lámina de tubos para permitir que la corriente de gas de síntesis salga del lado de carcasa de la etapa 5 de GHR hacia el espacio 13 por debajo de la etapa 14 de WHB. La etapa 14 de WHB incluye, acoplada al lado de carcasa, una tubería 15 de entrada de alimentación de agua de caldera (por ejemplo, próxima a la base de la etapa de WHB) y una tubería 16 de salida de rebose de vapor o de vapor más agua (por ejemplo, próxima a la parte superior de la etapa de WHB). La etapa 14 de WHB incluye tubos para el paso de la corriente de producto de gas de síntesis total en contacto de transferencia de calor con el agua de evaporación en el lado de carcasa. La etapa 14 de WHB incluye una cubierta superior 17 con una tubería 18 de salida de gas de síntesis.

Como se ha ilustrado, la corriente de alimentación de GHR puede ser proporcionada a través de la entrada 19 de GHR al área 20', que está encerrada por la cubierta de cabezal. La corriente de alimentación de GHR puede fluir desde el área 20' encerrada por la cubierta de cabezal 20 hacia los tubos 7. La cubierta de cabezal puede inhibir la comunicación entre la alimentación de entrada en la tubería 19 y el gas producido en el espacio 13. Al menos partes de la corriente de alimentación de GHR pueden experimentar una reforma de vapor catalítica para producir gas de síntesis. La corriente de producto puede salir a través de las boquillas 9 de los tubos 7 para mezclarse con los gases procedentes de la etapa de POX del sistema de generación de gas de síntesis combinado. Esta corriente combinada puede fluir a través de la placa perforada 8 al lado de carcasa de la etapa de GHR para proporcionar calor a los tubos para la reforma de vapor catalítica de la corriente de alimentación de GHR en los tubos 7. Proporcionando calor a la corriente en los tubos 7, la corriente de gas combinada puede ser enfriada.

La refrigeración y la transferencia de calor del flujo de gas de síntesis de lado de carcasa puede ser mejorada incluyendo regularmente tabiques horizontales separados de forma regular (por ejemplo, separados verticalmente, que dirigen el flujo de lado de carcasa sobre el exterior de los tubos 7 de una manera óptima consistente con limitaciones de caída de

presión a través del lado de carcasa del GHR 5). Como se ha ilustrado los tabiques tienen cortes segmentados dispuestos de forma alternativa para facilitar el flujo de gas de lado de carcasa desde un espacio de tabique a otro. La disposición de tabique permite que el corte en la lámina de tubos coincida con el tamaño y ubicación del tabique en relación al haz de tubos de modo que el flujo de gas de lado de carcasa pueda salir a través del corte 12 de lámina de tubos. En algunas implementaciones, se puede utilizar una disposición de tabique de disco y de forma toroidal. La corriente de gas enfriada puede salir del lado de carcasa de la etapa 5 de GHR en la abertura 12 para fluir al espacio 13 dispuesto entre la etapa 14 de WHB y la etapa 5 de GHR. La corriente de gas enfriada puede fluir entonces al lado de tubo de la etapa 14 de WHB y proporcionar calor para producir vapor a partir del agua de alimentación procedentes de la entrada 15, que puede enfriar además la corriente de gas combinada enfriada. El vapor o vapor más agua producido puede salir del lado de carcasa de la WHB en la salida 16. Parte o toda la corriente de vapor opcionalmente con otro procesamiento que puede incluir además calentar podría ser proporcionada a la etapa 5 de GHR y/o a la etapa 1 de POX. La corriente de gas de síntesis combinada enfriada adicional puede salir de la etapa de WHB y/o del sistema de gas de síntesis combinado en la salida 18 de gas de síntesis.

En algunas implementaciones, las partes metálicas expuestas o partes de las mismas (por ejemplo, partes metálicas expuestas que incluyen la superficie expuesta de la lámina de tubos de WHB) en el espacio 13 pueden incluir un revestimiento protector 23 (por ejemplo, el revestimiento puede estar revestido, el revestimiento puede ser una capa superior de las partes, el revestimiento puede ser una capa acoplada de forma extraíble, etc.). El revestimiento protector 23 puede ser sustancialmente impermeable a los gases y/o ser aplicado después de que se haya instalado la etapa 5 de GHR con la cubierta de cabezal 20. El revestimiento protector 23 puede ser retirado si el haz de GHR necesita ser reemplazado en el futuro. El aislamiento protector puede cubrir al menos parcialmente los miembros de acoplamiento 21 y 22. El lado inferior de la lámina 7' de tubos de GHR, o al menos partes de la misma, pueden estar revestidas con un revestimiento 24 impermeable a los gases. El revestimiento 24 puede permitir que la lámina de tubos sea construida a partir de un material menos costoso que los tubos 7 de GHR (por ejemplo, los tubos de GHR pueden incluir aleaciones de níquel tales como 693 o 617. La pared del recipiente en la etapa 1 de POX y en la etapa 5 de GHR puede ser aislada internamente con una capa de aislamiento 25. La capa de aislamiento 25 puede incluir un aislamiento cerámico permanente. La carcasa del recipiente en la región del espacio 13 puede ser aislada internamente con una capa de aislamiento 26, que puede incluir, en algunas implementaciones, un aislamiento cerámico permanente.

Aunque se ha ilustrado una implementación de un sistema de generación de gas de síntesis de tres etapas en la fig. 1, pueden añadirse, borrarse y/o modificarse diferentes componentes y/o características. Por ejemplo, las etapas pueden estar dispuestas horizontalmente u oblicuamente. Como otro ejemplo, la etapa de POX puede ser posicionada próxima a la parte superior de un sistema de generación de gas de síntesis. La etapa de GHR puede ser posicionada próxima (por ejemplo, adyacente, por debajo, etc.) a la etapa de POX con la WHB por debajo de la etapa de GHR. En este caso la boquilla 16 estará por encima de la boquilla 15 y próxima a la lámina 27 de tubos. El sistema puede estar dispuesto en una configuración vertical u oblicua con el POX en la parte superior, seguido por el GHR y con la WHB en la parte inferior. La disposición vertical mostrada en la fig. 1 puede permitir levantar fácilmente el haz de tubos de GHR fuera de la carcasa después de la retirada de la sección de caldera de calor residual. Como otro ejemplo, una tubería puede ser un conducto. En algunas implementaciones, otras capas de aislamiento 25 y/o 26 pueden incluir un tipo diferente de aislamiento. Un área en sección transversal de una etapa de POX y una etapa de GHR puede ser similar aproximadamente en tamaño. En algunas implementaciones, el sistema de generación de gas de síntesis combinado puede ser un único recipiente presurizado que incluye tres etapas. Como otro ejemplo, el vapor producido por la etapa de WHB puede ser combinado con la corriente de alimentación y/o ser proporcionado a un pre-calentador. El vapor producido por la etapa de WHB no se puede proporcionar a un sistema de tuberías externo al sistema de gas de síntesis combinado, pero en su lugar puede ser proporcionado internamente a la etapa de POX y/o a la etapa de GHR.

La fig. 4 ilustra un proceso ejemplar para producir gas de síntesis utilizando un sistema de generación de gas de síntesis combinado, tal como el sistema de generación de gas de síntesis combinado ilustrado en la fig. 1. Una corriente de alimentación puede ser oxidada parcialmente en una etapa de oxidación parcial de un reactor de tres etapas utilizando al menos un quemador próximo a una parte inferior del reactor de tres etapas (operación 402). Por ejemplo, puede proporcionarse una corriente de gas natural, una corriente de oxígeno, y/o vapor a una etapa de POX de un reactor de tres etapas. Una distribución de temperatura en la etapa de POX mayor que un rango especificado puede ser inhibida (operación 404). Por ejemplo, el quemador o quemadores de un POX pueden ser diseñados para alcanzar una temperatura de reacción sustancialmente uniforme en la etapa de POX. Limitar las zonas de poco mezclado o de mezclado insignificante puede aumentar los rendimientos del gas de síntesis, reducir costes de producción del gas de síntesis, y/o promover las temperaturas de reacción uniformes en la etapa de POX, por ejemplo. La producción de carbono y/o de hollín puede ser inhibida (operación 406). Por ejemplo, el quemador o quemadores de POX pueden ser diseñados o seleccionados de tal manera que la producción libre de carbono o de hollín sea minimizada.

Los gases en la etapa de POX del reactor de tres etapas pueden ser permitidos mezclarse (por ejemplo, debido al patrón de flujo de los gases) de tal manera que se inhiben las zonas de poco mezclado o de mezclado insignificante en la etapa de POX (operación 408). Por ejemplo, los quemadores del POX pueden ser posicionados de tal manera que se minimicen o inhiban las zonas de poco mezclado o de mezclado insignificante. Un flujo de vórtice estable en la etapa de POX puede ser producido para inhibir zonas de poco mezclado o de mezclado insignificante. La etapa de POX puede tener suficiente volumen para que tenga lugar el mezclado eficiente de gases de alta temperatura producido por el

quemador y de tiempo de residencia para que tengan lugar las reacciones de alta temperatura, lo que maximiza la salida de gas de síntesis y minimiza la producción de partículas de carbono sólido (por ejemplo, producción de partículas de carbono cero o mínima).

5 Los gases procedentes de la etapa de POX y los gases procedentes de los tubos de la etapa de GHR se pueden mezclar (operación 410). Por ejemplo, los gases procedentes de la etapa de POX y de la etapa de GHR se pueden mezclar en la zona de mezcla dispuesta entre los tubos de la etapa de GHR y de POX. El gas procedente de los tubos del GHR puede incluir gas de síntesis producido por la reforma de vapor catalítico de la corriente de alimentación y de la corriente de vapor y/o de la corriente de CO₂ que entra en los tubos de la etapa de GHR. El gas de producto procedente de la etapa de GHR puede salir de las boquillas de los tubos para promover la mezcla entre los gases procedentes del POX y los tubos del GHR (operación 412).

10 La corriente de gas combinada puede fluir a través de una placa perforada (operación 414). Por ejemplo, la corriente de gas combinada puede fluir a través de una placa perforada posicionada próxima la zona de mezcla al lado de carcasa de la etapa de GHR. La placa perforada puede soportar una capa de partículas que puede actuar como un dispositivo de retirada de carbono y/o una sección catalítica, para alcanzar un equilibrio para la reacción de desplazamiento de gas agua y/o enfriar la mezcla de gas de síntesis combinada. El lado de carcasa del GHR puede ser desviado. Permitir que la corriente de gas combinada fluya a través de la placa perforada puede imponer una caída de presión a través de la placa perforada, lo que puede causar un flujo más uniforme (por ejemplo, cuando es comparado con un flujo sin la utilización de una placa perforada) a través de la placa perforada sobre una sección transversal del espacio de mezclado.

15 El vapor y la alimentación y/o el CO₂ pueden ser calentados en los tubos GHR (operación 416). Por ejemplo, la corriente de gas combinada en el lado de carcasa del GHR puede proporcionar calor para calentar la corriente en el lado de tubo de la etapa de GHR.

20 La corriente de gas combinada enfriada puede fluir desde el lado de carcasa de la etapa de GHR a la etapa de WHB (operación 418). El agua de alimentación para la WHB puede ser calentada utilizando el gas enfriado para producir vapor que ha de ser proporcionado a la etapa de GHR y/o a la etapa de POX (operación 420). El vapor en exceso puede ser utilizado para la producción de energía. La corriente de gas combinada enfriada puede ser enfriada adicionalmente proporcionando calor para producir vapor en la WHB. La corriente de gas combinada enfriada que incluye gas de síntesis puede fluir desde la WHB (operación 422).

25 El proceso 400 puede ser implementado por diferentes sistemas, tales como el sistema 100. Además, pueden añadirse, borrarse, o modificarse diferentes operaciones. Por ejemplo, en un reactor de gas de síntesis combinado de dos etapas, las operaciones 418, 420, y/o 422 no pueden ser realizadas por el sistema de gas de síntesis combinado. Como otro ejemplo, la corriente de vapor producida puede ser proporcionada a un pre-calentador y/o mezclada con una parte de una corriente de alimentación. En alguna implementación, el proceso 400, o partes del mismo, pueden ser realizadas por un reactor de dos etapas (por ejemplo, un reactor que incluye una etapa de POX y una etapa de GHR).

30 La fig. 5 ilustra una parte de un sistema 500 de generación de gas de síntesis ejemplar. Como se ha ilustrado, el sistema 500 de generación de gas de síntesis incluye un reactor de dos etapas con una etapa 510 de POX y una etapa 520 de GHR. Una corriente de alimentación, una corriente de oxígeno, y/o una corriente de vapor pueden ser proporcionadas a un quemador 512 de la etapa 510 de POX. La corriente de alimentación puede ser oxidada parcialmente para producir un gas de síntesis. Una corriente de alimentación y una corriente de alimentación y/o una corriente de CO₂ pueden ser proporcionadas al lado de tubo de una etapa 520 de GHR. En los tubos 522, que incluyen un catalizador, al menos una parte de la corriente de alimentación en los tubos puede ser vapor de forma catalítica reformado para producir gas de síntesis. La corriente de gas procedente de los tubos 522 opcionalmente con las boquillas 9 de la etapa 520 de GHR y los gases en la etapa 510 de POX puede ser mezclada y permitida fluir a través de la placa perforada 530. La corriente de gas combinada puede fluir a través de la placa perforada 530 y de la capa de partículas 560 al lado de carcasa de la etapa de GHR. El calor procedente de la corriente de gas combinada puede ser proporcionado a la corriente en los tubos de la etapa de GHR. Permitir utilizar el calor procedente de la corriente de gas combinada para calentar la corriente en los tubos de lado de GHR puede proporcionar ahorros de costes y producir un rendimiento superior de gas de síntesis.

35 La forma de la parte superior de la etapa 510 de POX puede ser de tal manera que se construya el revestimiento 550 de recipiente interno refractario (por ejemplo, de modo que la protuberancia o protuberancias en una cavidad de recipiente existen) y/o las protuberancias puede estar acopladas a un área interna del recipiente de modo que los tubos 522 estén distribuidos aproximadamente de forma uniforme a través de la sección transversal de salida del flujo de gas de POX, como se ha ilustrado en las figs. 5-7. La fig. 6 ilustra una vista en sección transversal de una parte superior 600 de una etapa de POX. Como se ha ilustrado, dos segmentos 610 de tabique estarían dispuestos próximos a los bordes de las sección transversal, suponiendo que no había tubos 620 a través de los segmentos de tabique. Como se ha ilustrado en la fig. 7, para un GHR de disposición de tabique de lado de carcasa de disco y de forma toroidal, una sección transversal 700 del cual se ha ilustrado en la fig. 7, los segmentos 710 serían un anillo anular y también puede haber un área vacía circular en la placa perforada 540 por encima de las boquillas de salida de GHR.

45 Como se ha ilustrado en la fig. 5, una placa perforada 530 puede estar dispuesta próxima a los extremos del tubo de GHR 522 (por ejemplo, por encima de las boquillas 9 de salida de los tubos). Los tubos de GHR pueden penetrar la placa

perforada 530. La placa 530 puede incluir aberturas para las penetraciones del tubo de GHR y un segundo conjunto de aberturas, que puede ser menor. La corriente de gas procedente de la zona de mezcla puede pasar a través del segundo conjunto de aberturas al lado de carcasa del GHR. El segundo conjunto de aberturas puede causar una caída de presión adicional y/o asegurar un flujo uniforme sobre la sección transversal del espacio de mezcla de POX/GHR. Por encima de esta placa perforada 530 y de la capa de partículas 560, el flujo de gas de síntesis combinado puede ser asimétrico cuando el flujo de gas entre en la sección de intercambio de calor desviada.

Diferentes implementaciones de los reactores de tres etapas y/o de los reactores de dos etapas pueden incluir una o más o ninguna de las siguientes características. Un área en sección transversal de recipiente (por ejemplo, el diámetro) entre la etapa de POX y la etapa de GHR puede ser similar o diferente. Por ejemplo, el recipiente puede estrecharse entre la etapa de POX y la etapa de GHR y/o a través de la etapa de GHR. Como otro ejemplo, el recipiente puede tener un área en sección transversal aproximadamente consistente a través de la longitud del recipiente. En algunas implementaciones, un lado de carcasa de la etapa de GHR puede incluir una capa de material de embalaje, tal como un material de embalaje de forma cerámica inerte (por ejemplo, en el espacio 560 ilustrado en la fig. 5). El embalaje puede estar dispuesto por encima de la placa perforada y puede atrapar partículas de carbono producidas por el quemador de POX (por ejemplo, pueden producirse partículas de carbono en particular durante la puesta en marcha del sistema a medida que es llevado a la temperatura de funcionamiento). Una característica del sistema puede ser que cuando el sistema es hecho funcionar a temperaturas de por encima de aproximadamente novecientos grados Celsius, cualquier carbono atrapado en la capa en embalaje será gasificado con CO y H₂ cuando es hecho reaccionar por reacción con vapor.

Otra característica del sistema puede ser que el quemador de POX puede ser una única unidad o múltiples unidades cada una con unas entradas de oxígeno, de alimentación, y/o de vapor. El quemador o quemadores de POX pueden estar dispuestos próximo a la cabeza inferior de la etapa de POX y se encienden verticalmente hacia arriba. El quemador o quemadores pueden estar diseñados para promover la mezcla posterior de gas de síntesis de producto caliente en la zona de reacción de oxígeno/hidrocarburo principal para asegurar un rango de temperatura de reacción uniforme. El quemador o quemadores también pueden estar diseñados para minimizar, inhibir, y/o eliminar la producción libre de carbono o de hollín por el quemador.

Otra característica del sistema puede incluir que la recirculación puede ser causada por el diseño del quemador y puede proporcionar un patrón de flujo de gas de descarga que proporcionar un flujo de vórtice estable inmediatamente por encima de cada quemador. El flujo de vórtice estable puede proporcionar un patrón de flujo de gas de recirculación grande de nuevo hacia la zona de reacción del quemador. En algunas implementaciones, puede haber un novel mínimo de flujo de recirculación a granel en el área principal de la etapa de POX. Por ejemplo, por encima del 90% del gas de síntesis de POX puede tener un tiempo de residencia de 4 segundos o más para permitir que el tiempo maximice la producción de gas de síntesis en el reactor de POX.

Otra característica del sistema puede incluir que la mezcla del flujo de gas de síntesis de salida de los tubos de GHR y el flujo de gas de síntesis de POX puede ser independiente de los patrones de flujo en el sistema de quemador de POX. Así, el patrón de flujo apropiado para cada etapa de mezcla puede ser implementado. En algunas implementaciones, un mecanismo principal para mezclar el gas de síntesis de salida de GHR procedente de cada tubo lleno de catalizador es mediante la utilización de una boquilla de restricción próxima a un extremo de cada tubo. El gas que sale de la boquilla puede tener una velocidad de salida media de al menos aproximadamente 20 metros/segundo y/o desde aproximadamente 30 a 80 metros/segundo. Estas corrientes de gas de alta velocidad pueden causar que una mayoría del gas circundante se mezcle con el producto de gas de síntesis de GHR que sale de los tubos.

Otra característica del sistema puede incluir que la etapa de recipiente de reactor de GHR pueda estar dispuesta con los tubos de GHR en una configuración de intercambiador de calor desviada utilizando o bien un tabique segmentado o una disposición de tabiques de disco y de forma toroidal.

Otra característica del sistema puede incluir un tubo concéntrico que rodea cada uno de los tubos 7 de GHR de tal manera que el gas de síntesis combinado que deja la capa 560 entra en estos espacios concéntricos y proporciona el calor requerido para las reacciones de reforma de GHR. Los tubos concéntricos pueden terminar entonces en el tabique superior (o bien segmentado o bien concéntrico) en el extremo frío del GHR de modo que la corriente de gas de síntesis combinada pueda pasar a través de la abertura 12 al espacio 13 entre el GHR y la WHB.

Otra característica del sistema puede incluir ahorros de coste significativos (por ejemplo, disminución de los requisitos de tubería, huella disminuida, recuperación y utilización de calor más eficiente, etc.). Por ejemplo, en algunas implementaciones, no se requiere la tubería para que las corrientes de gas de producto (por ejemplo, gas de síntesis) fluyan entre múltiples recipientes. La tubería requerida para recipientes separados es comúnmente una tubería de acero externa de alta presión con diámetro grande, aislada térmicamente, de alta temperatura que debe ser o bien encamisada para el agua para mantener la temperatura constante o bien vigilada para cualquier calentamiento local posible debido a problemas con el aislamiento interno. La reducción de la necesidad para este tipo de tubería cara puede disminuir los costes de instalación (por ejemplo, debido a una instalación más fácil, menos tubería requerida, etc.) y de producción de gas de síntesis (por ejemplo, ya que la tubería cara no necesitará ser vigilada, reparada, o sustituida). Como otro ejemplo, cuando se utilizan tres recipientes separados, se requiere una separación vertical y horizontal mínimas entre los

recipientes (por ejemplo, por normas del gobierno y/o de la industria, tales como Normas de Incendios y Seguridad DOW) para alojar conexiones de tubería de gas de síntesis de alta temperatura. Esto significa que los tres recipientes son soportados en un bastidor de acero caro con un área en sección transversal y altura significativas. Un único recipiente puede ser independiente con un espacio libre adecuado para la retirada de los quemadores de la base del recipiente. No puede ser necesaria una estructura de soporte y/o se puede requerir significativamente menos acero de soporte cuando se compara con sistemas que utilizan recipientes separados. Además, el coste de una única unidad es significativamente menor que tres unidades. Por ejemplo, hay dos cabezales de recipiente de presión elevada en una única unidad, en vez de seis en tres unidades separadas. Además, pueden conseguirse ahorros de coste y ahorros de tiempo dado que se requiere una codificación y aprobación de un recipiente cuando se utiliza una única unidad, en oposición a tres unidades o dos unidades.

Otra característica del sistema incluye que una única unidad puede ser construida como un conjunto transportable, fabricado completamente modular que también puede incluir otros componentes aguas arriba y aguas abajo a un rendimiento mucho más grande que una configuración de tres recipientes. Otra característica incluye un riesgo disminuido de fallo refractario, ya que la disposición, ubicación y cantidad del refractario puede ser más favorable que un diseño con tubería de interconexión aislada internamente.

Otra característica del sistema puede incluir que aproximadamente el mismo o un número menor de problemas significativos están asociados con el arranque y funcionamiento con un único recipiente. De hecho, se pueden asociar menos problemas con un único recipiente cuando es comparado con dos o tres unidades separadas, ya que en la práctica el tren de gas de síntesis total de tres recipientes debe ser puesto en marcha, apagado y hecho funcionar como una única unidad sin válvulas de aislamiento entre las tres unidades. Otra característica puede ser que los sensores para vigilar el rendimiento de la instalación puedan ser posicionados fácilmente dentro de la única envoltura de recipiente. Además, el mantenimiento y la inspección pueden ser facilitados en la configuración de un único recipiente, cuando es comparada con el mantenimiento e inspección de múltiples unidades.

Otra característica puede incluir la mezcla de vórtice estable de la etapa de POX. Por ejemplo, los sistemas descritos en la Patente de los EE.UU nº 4.741.885 incluye una disposición en hélice de quemadores de POX a lo largo de una longitud de un recipiente para inducir un flujo de vórtice con un componente central hacia arriba que tiene una sección transversal que corresponde a la sección transversal del área de tubo en el GHR. La utilización de múltiples quemadores dispuestos tangencialmente alrededor de la periferia de la sección de POX e inclinados en un ángulo con el eje radial en cada posición de quemador y también inclinados hacia arriba causa que un movimiento en torbellino hacia arriba sea inducido en la cavidad de la etapa de POX. Sin embargo, se producirán zonas muertas, o áreas con mezclado, o velocidades de flujo insignificantes. Las zonas muertas pueden causar un perfil de temperatura de reacción irregular en la etapa de POX y/o un rendimiento disminuido de gas de síntesis. Además, el sistema descrito en el documento US 4.741.885 causa una diferencia de presión a través de la unidad. Esta diferencia de presión es muy indeseable. Otra desventaja es que la formación de vórtice es en el cuerpo entero del espacio de POX y sirve para inducir que el producto de gas de síntesis a temperatura inferior sea extraído hacia abajo al espacio de POX, reduciendo así localmente la temperatura de espacio de POX e impidiendo la conversión máxima de los gases de quemador de POX a gas de síntesis debido a la variación en la temperatura y en el tiempo de residencia causado por esta disposición.

Aunque se han descrito corrientes que incluyen diferentes componentes en las implementaciones, las corrientes pueden incluir uno o más de otros componentes. Por ejemplo, aunque la corriente de alimentación se ha descrito como que incluye metano, la corriente de alimentación puede incluir otros componentes tales como otros hidrocarburos (por mplo, etano, propano, butano, pentano, etc.), otros compuestos que contienen carbono (por ejemplo, dióxido de carbono, monóxido de carbono, alcoholes, etc.), compuestos orgánicos, compuestos que contienen azufre (por ejemplo, compuestos de azufre orgánico, sulfuro de hidrógeno, etc.), nitrógeno, argón, etc. La corriente de alimentación puede ser gas natural, gases asociados con la producción de crudo de petróleo, combustible libre de gases a partir de otros procesos tales como operaciones de refinería, hidrocarburos líquidos, etc. En algunas implementaciones, cuando la corriente de alimentación puede ser gas natural procesado, por ejemplo, los compuestos de azufre en gas natural pueden ser eliminados o al menos parcialmente retirados para impedir daños en el catalizador, particularmente en el GHR. Como otro ejemplo, aunque el gas de síntesis se ha descrito como que incluye monóxido de carbono e hidrógeno, el gas de síntesis también puede incluir otros componentes, tales como gases inertes (por ejemplo, nitrógeno o argón). Como otro ejemplo, una corriente de oxígeno puede incluir gases inertes o nitrógeno, además de oxígeno.

Aunque se han descrito corrientes como corrientes de gas o que incluyen gases, también pueden existir otras formas de material en las corrientes. Por ejemplo, la corriente puede incluir líquido. Como un ejemplo, las corrientes en la etapa de WHB pueden incluir agua y vapor o se puede utilizar un hidrocarburo líquido como una corriente de alimentación al quemador de POX.

Aunque se han descrito diferentes características en combinación con una descripción del reactor de dos etapas o del reactor de tres etapas, pueden aplicarse diferentes características a ambos.

Aunque se han descrito tuberías en diferentes implementaciones, se pueden utilizar otros conductos cuando sea apropiado. Aunque se han descrito recipientes en diferentes implementaciones, se pueden utilizar otros tipos de contenedores (por ejemplo, diferentes formas y diseños) cuando sea apropiado.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para producir gas de síntesis que contiene al menos hidrógeno y monóxido de carbono, que comprende:

5 un reactor (1) de oxidación parcial (POX) que reacciona exotérmicamente con una primera parte de una corriente de alimentación de hidrocarburo con un gas oxidante que comprende oxígeno molecular y opcionalmente vapor y dióxido de carbono en un primer reactor para producir un producto de gas de síntesis generado exotérmicamente, en el que la corriente de alimentación incluye metano;

10 un reformador (5) de gas calentado (GHR) posicionado junto al POX que reforma endotérmicamente una segunda parte de la corriente de alimentación de hidrocarburo con vapor y opcionalmente dióxido de carbono sobre un catalizador en un reformador de intercambio de calor para producir un producto de gas de síntesis reformado endotérmicamente, en el que el calor utilizado en la generación del producto de gas de síntesis reformado endotérmicamente es derivado del calor liberado enfriando el vapor combinado del gas de síntesis producido procedente del POX y el GHR;

una zona de mezcla (6) dispuesta entre los tubos (7) de la etapa de GHR y de POX en las que se mezclan los gases procedentes de la etapa de POX y de la etapa de GHR; y

15 una caldera (14) de calor residual (WHB) posicionada junto al GHR que genera vapor utilizando calor derivado enfriando la corriente de gas de síntesis combinada del GHR; y

20 en el que el POX, el GHR y el WHB están contenidos en un único recipiente a presión independiente de la tubería entre el POX, el GHR, y el WHB y que tienen mezcla interna entre gas de síntesis del POX y el gas de síntesis del GHR para producir una corriente de gas de síntesis combinada que fluye sobre tubos del GHR que proporciona calor para reacciones de reforma endotérmica y que hace pasar las corrientes de gas de síntesis combinadas para sacar un lado de carcasa del GHR e introducir la WHB para proporcionar calor para la producción de vapor,

caracterizado por que

25 una disposición interna del GHR incluye una lámina (7') de tubos que incluye una abertura (12) a través de la cual se puede hacer pasar un flujo de gas de síntesis total aislado de una corriente de vapor alimentada de GHR total a través de una cubierta (20) asegurada a una parte de la lámina de tubos y cubriéndola en la que están asegurados los tubos de GHR.

2. El sistema de la reivindicación 1, en el que el POX, el GHR, y la WHB están dispuestos verticalmente con el POX posicionado por debajo del GHR y la WHB posicionada por encima del GHR.

3. El sistema de la reivindicación 1, en el que una zona de mezclado entre el POX y el GHR para el mezclado del producto de gas de síntesis producido a partir del POX y del GHR de tal manera que corrientes de gas combinadas que entran en el lado de carcasa del GHR están a una temperatura uniforme.

4. El sistema de la reivindicación 1, en el que el GHR comprende una entrada (19) de GHR para una corriente de alimentación total que incluye miembros flexibles (24) que compensan la expansión térmica.

5. El sistema de las reivindicaciones 1 o 4, que comprende además una conexión interna entre una boquilla de entrada de gas de alimentación de GHR total y una cubierta de lámina de tubos de GHR que puede ser retirada para exponer los tubos de GHR.

6. El sistema de las reivindicaciones 1, 4 o 5, en el que un haz de GHR puede ser retirado de un recipiente a presión retirando la WHB para exponer el GHR.

7. El sistema de la reivindicación 1, en el que cada uno de los tubos de GHR incluye una restricción tal como una boquilla (9) en un extremo de salida para aumentar una velocidad de descarga de gas de síntesis de GHR y ubicada al menos próxima a un área de mezclado entre el POX y el GHR.

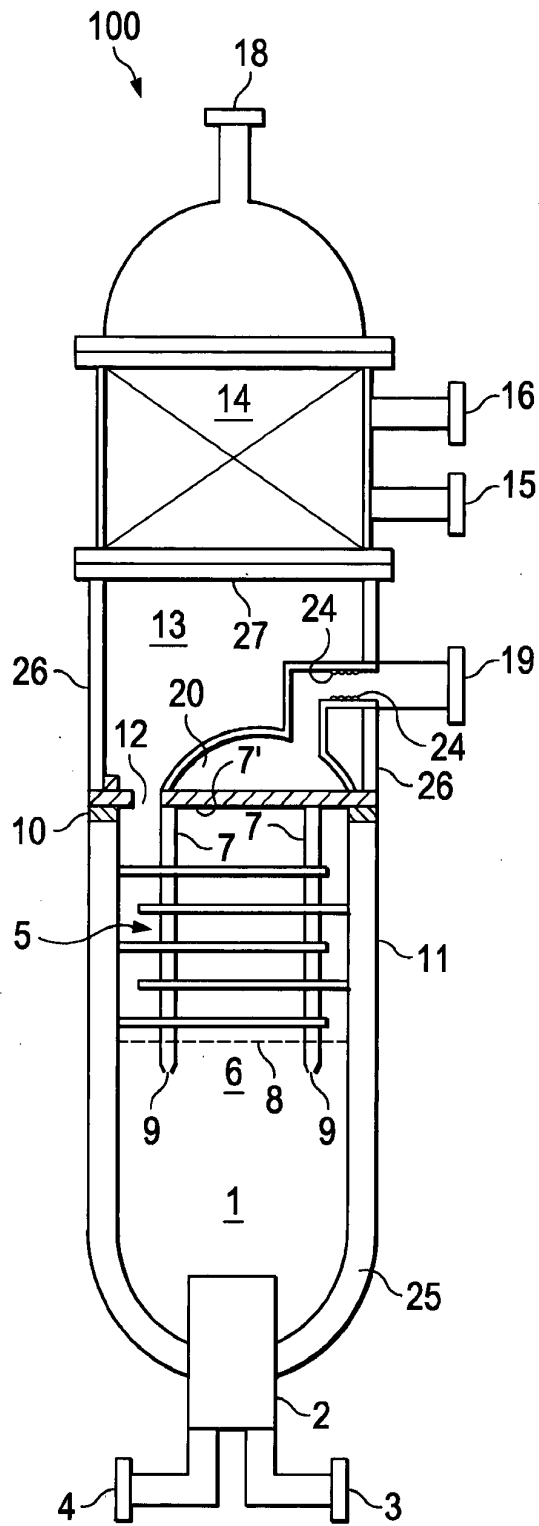


FIG. 1

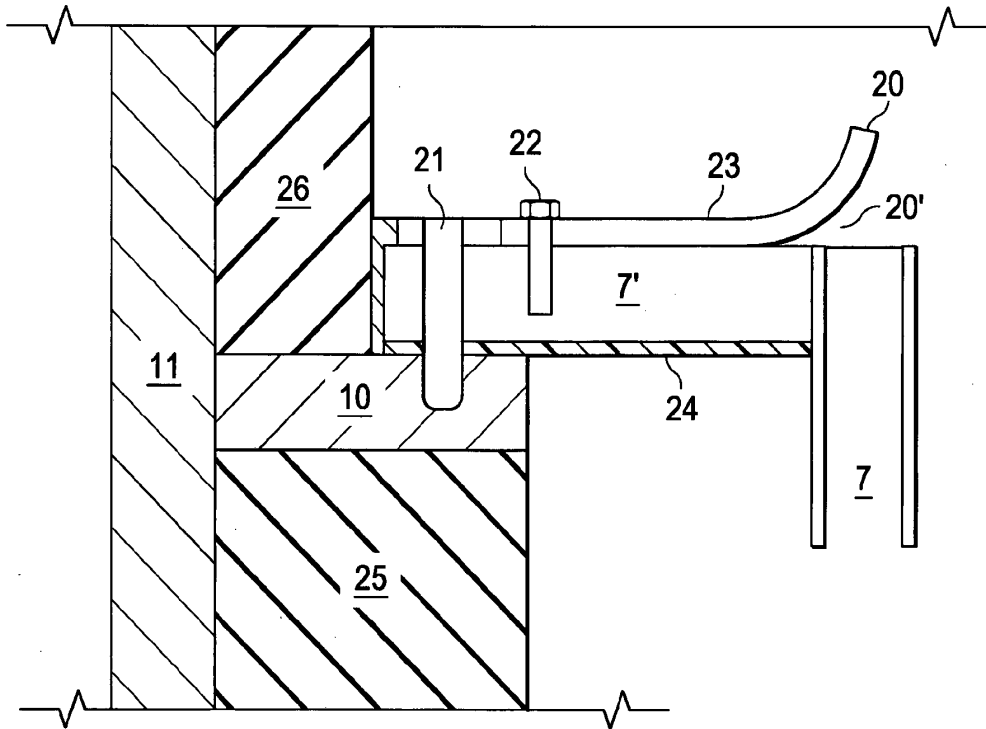


FIG. 2

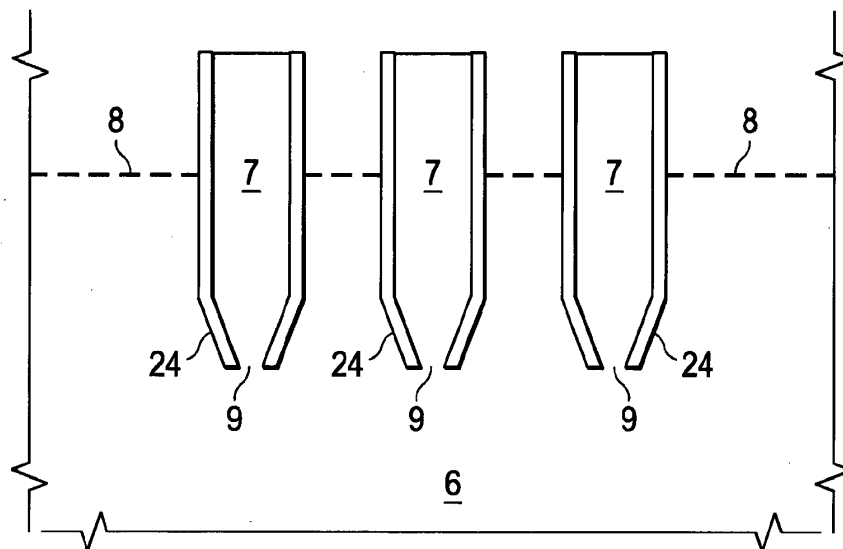
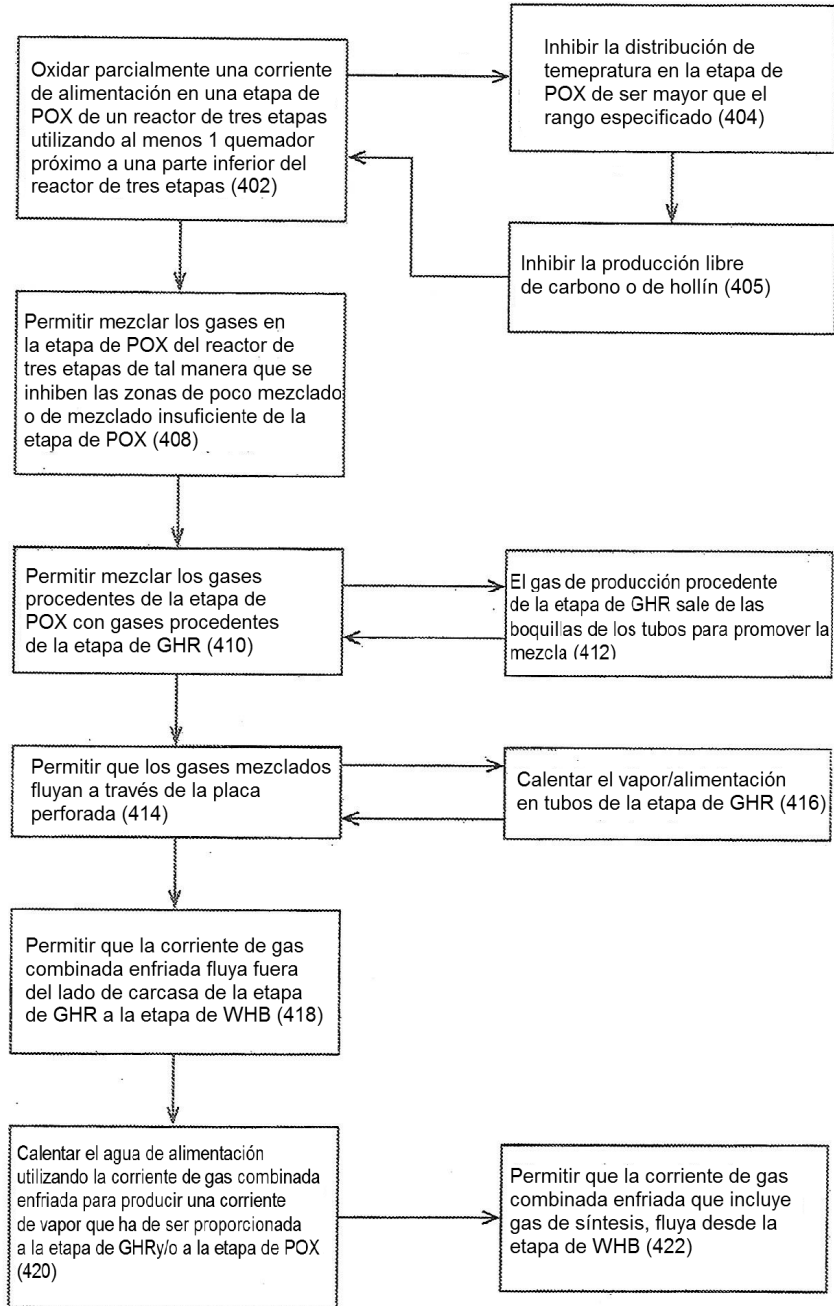


FIG. 3

FIG 4



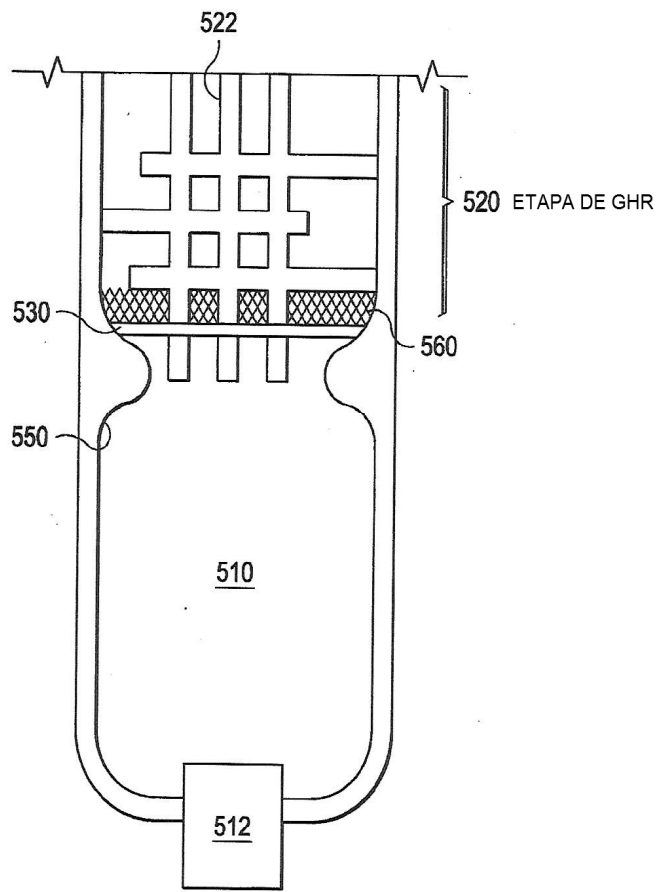


FIG. 5

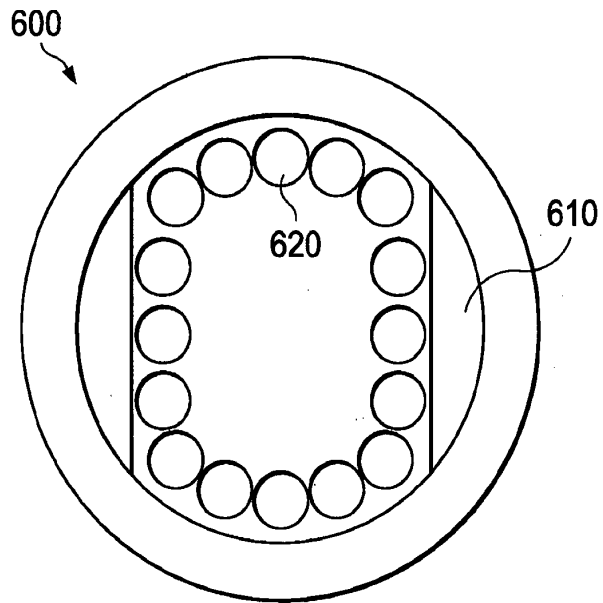


FIG. 6

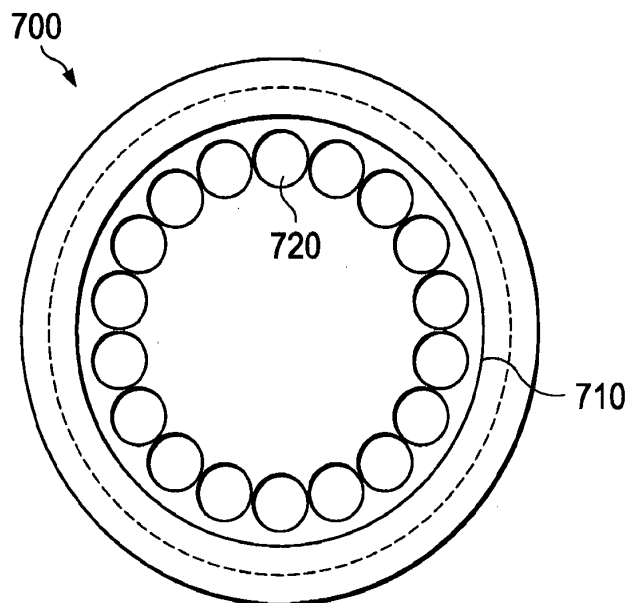


FIG. 7