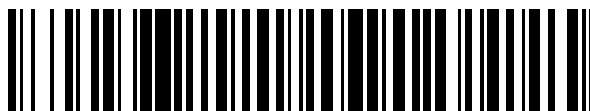


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 428 121**

51 Int. Cl.:

B01J 8/06 (2006.01)

C01B 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.01.2003** **E 03000737 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2013** **EP 1329256**

54 Título: **Aparato y método para la producción de gas de síntesis**

30 Prioridad:

14.01.2002 US 46585

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

06.11.2013

73 Titular/es:

**AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC. (100.0%)
7201 HAMILTON BOULEVARD
ALLENTOWN, PA 18195-1501, US**

72 Inventor/es:

**PHAM, HOANH NANG;
WANG, SHOOU-I;
YING, DAVID HON SING y
FOGASH, KEVIN B.**

74 Agente/Representante:

DURÁN MOYA, Luis Alfonso

ES 2 428 121 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

Aparato y método para la producción de gas de síntesis

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a procesos para la producción de un gas que contiene hidrógeno y óxidos de carbono (tal como gas de síntesis de metanol) mediante el reformado con vapor de un material a base de hidrocarburos y, en particular, a un aparato y un método para procesos de reformado de hidrocarburos que utilizan calor sensible de alto grado de gases de combustión y gas de síntesis producto para generar un gas producto adicional y minimizar la salida de vapor.

El proceso de reformado con vapor es un proceso químico conocido para el reformado de hidrocarburos. Una mezcla de hidrocarburos y vapor (un "material mixto") reacciona en presencia de un catalizador para formar hidrógeno, monóxido de carbono y dióxido de carbono. Dado que la reacción de reformado es fuertemente endotérmica, debe suministrarse calor a la mezcla de reactivos, tal como mediante el calentamiento de los tubos de un horno o reformador. El grado de reformado conseguido depende de la temperatura del gas que sale del catalizador; temperaturas de salida en el intervalo de 700°C a 900°C son habituales para el reformado convencional de hidrocarburos.

Los procesos convencionales de reformado con vapor en presencia de catalizador queman combustible para proporcionar la energía necesaria para la reacción de reformado. En un reformador de dicho proceso convencional, el combustible se quema simultáneamente con la entrada de gas de alimentación frío para maximizar el flujo de calor a través de la pared o paredes del tubo mediante la transferencia de calor radiante directamente desde la llama. Más abajo del extremo del quemador, tanto el gas producto como los gases de combustión salen a temperaturas relativamente elevadas. El contenido de energía de estos gases normalmente se recupera mediante el calentamiento previo del gas de alimentación del reformador o mediante la generación de vapor. Como resultado, el proceso genera un exceso de vapor al que se debe dar salida para mejorar la eficiencia global del proceso de reformado con vapor y para hacer que el proceso sea económicamente viable a la vista del hecho de que se ha añadido un equipo significativo para generar ese exceso de vapor.

Cada uno de los procesos dados a conocer en las patentes de Estados Unidos Nº 5.199.961 (Ohsaki y otros) y 4.830.834 (Stahl y otros) y en la patente europea Nº EP 0 911 076 A1 (Stahl) utilizan una parte de la energía sensible disponible en el recipiente del reformador, permitiendo así que el gas producto y los gases de combustión salgan a temperaturas inferiores a las temperaturas de salida correspondientes para el reformado con vapor convencional. Estos procesos de reformado reciben calor del combustible a quemar mediante la utilización de una combinación de: (1) una pared de igualación (formada de losetas, material refractario o metales) para recibir el calor radiante directamente de la llama desde la que se transfiere el calor al tubo o tubos de reformado mediante el calor radiante; y (2) una disposición de un flujo en contracorriente de los gases de combustión calientes con el material de entrada que transfiere la energía sensible al material de entrada mediante convección a través de la pared del tubo. Estas técnicas permiten controlar la temperatura de la capa externa del tubo del reformador en el límite de diseño; de otro modo, la temperatura será excesiva debido al calor radiante muy intenso de la llama. Sin embargo, estos procesos presentan limitación del flujo de calor al evitar el calor radiante directo desde la llama al tubo, tal como se utiliza normalmente en reformadores convencionales.

El reformador dado a conocer en el documento WO 01/12310 (Loiacono) recupera el calor sensible del gas producto mediante la utilización de una disposición de un tubo dentro de un tubo (tubo dentro de un tubo) que tiene el catalizador en los anillos del tubo dentro del tubo. La alimentación en frío en los anillos fluye en contracorriente con la combustión o los gases de combustión del exterior y absorbe el calor de combustión mediante las transferencias de calor radiante y de convección a través de la pared del tubo exterior. El flujo del gas reformado se invierte al final del lecho del catalizador y entra en el paso interno del tubo. A continuación, el gas reformado desprende calor al flujo en contracorriente del material frío que entra. Sin embargo, el proceso de transferencia de calor por convección desde el gas producto caliente a las reacciones de reformado no es eficaz porque no existe una fuerza impulsora de la temperatura en el punto de inversión. Como resultado, se necesita más área de transferencia de calor para utilizar el calor sensible del gas producto. Esta disposición utiliza una configuración de tubos internos diferente para proporcionar la superficie adicional requerida. Sin embargo, no consigue recuperar el calor sensible a temperaturas elevadas de los gases de combustión y presenta la misma limitación del flujo de calor que los reformadores de la técnica anterior descritos anteriormente.

La patente de Estados Unidos Nº 4.959.079 (Grotz y otros) utiliza un flujo en contracorriente y un tubo con protuberancias para recuperar el calor sensible de los gases de combustión para el reformado, pero no consigue recuperar el calor sensible a temperaturas elevadas del gas del proceso. Se utilizan quemadores del tipo de combustión lateral ("side-fired") para maximizar el flujo de calor al tubo. Sin embargo, la disposición de quemadores del tipo combustión lateral ("side-fired") limita el horno a una fila de tubos y se necesitan muchos quemadores. La pérdida de calor a través de la pared del horno es significativa a medida que aumenta la capacidad.

La solicitud de patente en trámite (expediente de Air Products and Chemicals, Inc. N° 06052 USA) da a conocer la utilización de paredes de partición en la cámara radiante que resuelven el problema generador del exceso de vapor. Sin embargo, requiere una línea de transferencia de gases a temperatura elevada desde los tubos radiantes a los tubos de convección y una disposición de tubos compleja que es difícil de aumentar o reducir en términos de capacidad.

Es deseable tener un aparato y un método para procesos de reformado de hidrocarburos que superen las dificultades, problemas, limitaciones, desventajas y deficiencias de la técnica anterior, proporcionando resultados mejores y más ventajosos.

Es deseable además tener un aparato y un método para un proceso de reformado de hidrocarburos que utilizan calor sensible de alto grado de los gases de combustión y el gas de síntesis producto para generar el gas producto adicional y minimizar la salida de vapor.

Es deseable adicionalmente tener un proceso y un aparato más eficaces y económicos para el reformado de hidrocarburos.

BREVE RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención consiste en un aparato para un proceso de reformado de hidrocarburos y un método para producir un producto a partir de un proceso de reformado con vapor.

La primera realización del aparato incluye: una cámara de combustión, una cámara de convección en comunicación de fluido con la cámara de combustión, como mínimo, un quemador dispuesto en la cámara de combustión, y una cámara de reacción. La cámara de combustión tiene un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo. La cámara de convección tiene un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo, estando el primer extremo de la cámara de convección adyacente al segundo extremo de la cámara de combustión. Dicho, como mínimo un quemador, está dispuesto en la cámara de combustión y está adaptado para quemar un combustible, generando, de este modo, un flujo de gases de combustión desde la cámara de combustión a la cámara de convección, teniendo los gases de combustión un calor sensible. La cámara de reacción tiene una primera parte y una segunda parte en comunicación de fluido con la primera parte. Una parte sustancial de la primera parte está dispuesta en la cámara de combustión y una parte sustancial de la segunda parte está dispuesta en la cámara de convección. La segunda parte es del tipo de tubo dentro de un tubo que tiene una parte anular entre una parte tubular interna y una parte tubular externa que rodea la parte tubular interna. El aparato también incluye un medio para provocar el flujo de un primer material mixto a través de la primera parte de la cámara de reacción y un medio para provocar el flujo de un segundo material mixto a través de la parte anular de la segunda parte de la cámara de reacción en contracorriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de convección.

Existen diversas variaciones de la primera realización del aparato. En una variación, la parte sustancial de la primera parte de la cámara de reacción está dispuesta sustancialmente vertical en la cámara de combustión, y la parte sustancial de la segunda parte de la cámara de reacción se encuentra sustancialmente vertical en la cámara de convección. En una segunda variación, el primer material mixto fluye en la misma dirección de la corriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de combustión. Existen diversas variantes de la segunda variación. En una variante, se inyecta un gas que tiene otro calor sensible de forma adyacente al segundo extremo de la cámara de combustión, fluyendo el gas inicialmente en la cámara de combustión en contracorriente con el primer material mixto. En otra variante, el aparato incluye, como mínimo, otro quemador. El otro quemador está situado adyacente al segundo extremo de la cámara de combustión y está dispuesto para quemar una parte del combustible u otro combustible, generando, de este modo, un flujo de otros gases de combustión que tienen otro calor sensible, fluyendo los otros gases de combustión inicialmente en la cámara de combustión en contracorriente con el primer material mixto. En otra variante adicional, el aparato incluye, como mínimo, otro quemador dispuesto en la cámara de combustión. El otro quemador está adaptado para quemar una parte del combustible u otro combustible, generando, de este modo, un flujo de otros gases de combustión que tiene otro calor sensible, fluyendo los otros gases de combustión inicialmente en la cámara de combustión en una dirección inicial diferente de la misma dirección o la dirección contraria de la corriente del primer material mixto.

Una segunda realización del aparato es similar a la primera realización, pero incluye un medio de mezcla en la cámara de reacción adaptado para mezclar el primer material mixto y el segundo material mixto.

Una tercera realización del aparato es similar a la primera realización, pero incluye un medio para extraer una corriente de producto de la parte tubular interna del tubo dentro del tubo, fluyendo la corriente del producto a través de la parte tubular interna en contracorriente con el segundo material mixto.

Una cuarta realización del aparato incluye: una cámara de combustión, una cámara de convección en comunicación de fluido con la cámara de combustión, como mínimo, dos cámaras de reacción separadas en una relación sustancialmente paralela y un conjunto de quemadores dispuestos en la cámara de combustión. La cámara de combustión tiene un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo. La cámara de convección

tiene un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo, estando el primer extremo de la cámara de convección adyacente al segundo extremo de la cámara de combustión. Cada cámara de reacción tiene una primera parte y una segunda parte en comunicación de fluido con la primera parte. Una parte sustancial de la primera parte está dispuesta en la cámara de combustión y una parte sustancial de la segunda parte está dispuesta en la cámara de convección. La segunda parte es del tipo de tubo dentro de un tubo que tiene una parte anular entre una parte tubular interna y una parte tubular externa que rodea la parte tubular interna. Cada quemador está adaptado para quemar un combustible, generando, de este modo, un flujo de gases de combustión desde la cámara de combustión hasta la cámara de convección, teniendo los gases de combustión un calor sensible. Como mínimo, un quemador está situado entre las dos cámaras de reacción, una primera cámara de reacción está situada entre el primer quemador y un segundo quemador, y una segunda cámara de reacción está situada entre el primer quemador y un tercer quemador. El aparato también tiene un medio para provocar el flujo de un primer material mixto a través de la primera parte de cada cámara de reacción en la misma dirección con el flujo de gases de combustión en la cámara de combustión, y un medio para provocar el flujo de un segundo material mixto a través de la parte anular de la segunda parte de cada cámara de reacción en contracorriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de convección. Además, el aparato tiene un medio de mezclado en cada cámara de reacción adaptado para mezclar el primer material mixto y el segundo material mixto, y un medio para extraer una corriente de producto desde la parte interna del tubo dentro del tubo, fluyendo la corriente de producto a través de la parte tubular interna en contracorriente con el segundo material mixto.

Una quinta realización del aparato incluye: una cámara de combustión, una cámara de convección en comunicación de fluido con la cámara de combustión, como mínimo, una cámara de reacción y un conjunto de quemadores dispuestos en la cámara de combustión. La cámara de combustión tiene un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo. La cámara de convección tiene un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo, estando el primer extremo de la cámara de convección adyacente al segundo extremo de la cámara de combustión. La cámara de reacción tiene una primera parte y una segunda parte en comunicación de fluido con la primera parte. Una parte sustancial de la primera parte está dispuesta en la cámara de combustión y una parte sustancial de la segunda parte está dispuesta en la cámara de convección. La segunda parte es del tipo de tubo dentro de un tubo que tiene una parte anular entre una parte tubular interna y una parte tubular externa que rodea la parte tubular interna. Cada quemador está adaptado para quemar un combustible, generando, de este modo, un flujo de gases de combustión desde la cámara de combustión hasta la cámara de convección, teniendo los gases de combustión un calor sensible. La cámara de reacción está situada entre un primer quemador y un segundo quemador. El aparato también incluye un medio para provocar el flujo de un primer material mixto a través de la primera parte de la cámara de reacción en la misma dirección con el flujo de gases de combustión en la cámara de combustión, y un medio para provocar el flujo de un segundo material mixto a través de la parte anular de la segunda parte de la cámara de reacción en contracorriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de convección. Además, el aparato incluye un medio de mezclado en la cámara de reacción adaptado para mezclar el primer material mixto y el segundo material mixto, y un medio para extraer un producto desde la parte del tubo dentro del tubo, fluyendo la corriente de producto a través de la parte tubular interna en contracorriente con el segundo material mixto.

Una primera realización del método para producir un producto a partir de un proceso de reformado con vapor incluye múltiples etapas. La primera etapa consiste en disponer una cámara de combustión que tenga un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo. La segunda etapa consiste en disponer una cámara de convección en comunicación de fluido con la cámara de combustión, teniendo la cámara de convección un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo, estando el primer extremo de la cámara de convección adyacente al segundo extremo de la cámara de combustión. La tercera etapa consiste en disponer una cámara de reacción que tenga una primera parte y una segunda parte en comunicación de fluido con la primera parte, estando una parte sustancial de la primera parte dispuesta en la cámara de combustión y estando una parte sustancial de la segunda parte dispuesta en la cámara de convección, en la que la segunda parte es un tubo dentro de un tubo que tiene una parte anular entre una parte tubular interna y una parte tubular externa que rodea la parte tubular interna. La cuarta etapa consiste en quemar un combustible en la cámara de combustión, generando, de este modo, un calor de combustión y un flujo de gases de combustión desde la cámara de combustión hasta la cámara de convección, teniendo los gases de combustión un calor sensible. La quinta etapa consiste en alimentar un primer material mixto a la primera parte de la cámara de reacción, en la que, como mínimo, una parte del primer material mixto absorbe, como mínimo, una parte del calor de combustión. La sexta etapa consiste en alimentar un segundo material mixto a la parte anular de la segunda parte de la cámara de reacción, en la que el segundo material mixto fluye en contracorriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de convección, mediante lo cual, como mínimo, una parte del segundo material mixto absorbe, como mínimo, una parte del calor sensible.

Existen diversas variaciones de la primera realización del método. En una variación, la parte sustancial de la primera parte de la cámara de reacción está dispuesta sustancialmente vertical en la cámara de combustión, y la parte sustancial de la segunda parte de la cámara de reacción está dispuesta sustancialmente vertical en la cámara de convección. En una segunda variación, el segundo material mixto fluye en la misma dirección de la corriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de combustión. Existen diversas variantes de la segunda variación. Una variante incluye una etapa adicional de inyección de un gas que tiene otro calor sensible cerca del segundo extremo de la cámara de combustión, fluyendo el gas inicialmente en la cámara de combustión en contracorriente con el

5 primer material mixto. Otra variante incluye una etapa adicional de combustión de una parte del combustible u otro combustible cerca del segundo extremo de la cámara de combustión, generando, de este modo, otro calor de combustión y un flujo de otros gases de combustión que tiene otro calor sensible, en la que otros gases de combustión fluyen inicialmente en la cámara de combustión en contracorriente con el primer material mixto. Otra variante adicional incluye una etapa adicional de combustión de una parte del combustible u otro combustible en la cámara de combustión, generando, de este modo, otro calor de combustión y un flujo de otros gases de combustión que tienen otro calor sensible, en la que otros gases de combustión fluyen inicialmente en la cámara de combustión en una dirección inicial diferente de la misma dirección o la dirección contraria de la corriente del primer material mixto.

10 Una segunda realización del método es similar a la primera realización, pero incluye la etapa adicional de mezclar el primer material mixto y el segundo material mixto en la cámara de reacción.

15 Una tercera realización del método es similar a la primera realización, pero incluye la etapa adicional de extraer una corriente de producto de la parte tubular interna del tubo dentro del tubo, fluyendo la corriente de producto a través de la parte tubular interna en contracorriente con el segundo material mixto.

20 Una cuarta realización del método incluye un conjunto de etapas. La primera etapa consiste en disponer una cámara de combustión que tenga un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo. La segunda etapa consiste en disponer una cámara de convección en comunicación de fluido con la cámara de combustión, teniendo la cámara de convección un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo, estando el primer extremo de la cámara de convección adyacente al segundo extremo de la cámara de combustión. La tercera etapa consiste en disponer, como mínimo, dos cámaras de reacción separadas en relación sustancialmente paralela, teniendo cada cámara de reacción una primer parte y una segunda parte en comunicación de fluido con la primera parte, estando una parte sustancial de la primera parte dispuesta en la cámara de combustión y estando una parte sustancial de la segunda parte dispuesta en la cámara de convección, en la que la segunda parte es un tubo dentro de un tubo que tiene una parte anular entre una parte tubular interna y una parte tubular externa que rodea la parte tubular interna. La cuarta etapa consiste en disponer un conjunto de quemadores dispuestos en la cámara de combustión, estando cada quemador adaptado para quemar un combustible, en la que, como mínimo, un primer quemador está situado entre las dos cámaras de reacción, una primera cámara de reacción está situada entre el primer quemador y un segundo quemador, y una segunda cámara de reacción está situada entre el primer quemador y el tercer quemador. La quinta etapa consiste en quemar un combustible en los quemadores, generando, de este modo, un calor de combustión y un flujo de gases de combustión desde la cámara de combustión hasta la cámara de convección, teniendo los gases de combustión un calor sensible. La sexta etapa consiste en alimentar un primer material mixto a la primera parte de cada cámara de reacción, en la que el primer material mixto fluye en la misma dirección de corriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de combustión, y, como mínimo, una parte del primer material mixto absorbe, como mínimo, una parte del calor de combustión. La séptima etapa consiste en alimentar un segundo material mixto a la parte anular de la segunda parte de cada cámara de reacción, en la que el segundo material mixto fluye en contracorriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de convección, mediante lo cual, como mínimo, una parte del segundo material mixto absorbe, como mínimo, una parte del calor sensible. La octava etapa consiste en mezclar el primer material mixto y el segundo material mixto en cada cámara de reacción. La novena etapa consiste en extraer una corriente de producto desde la parte interna del tubo dentro del tubo, en la que la corriente de producto fluye a través de la parte tubular interna en contracorriente con el segundo material mixto.

45 Una quinta realización del método incluye múltiples etapas. La primera etapa consiste en disponer una cámara de combustión que tenga un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo. La segunda etapa consiste en disponer una cámara de convección en comunicación de fluido con la cámara de combustión, teniendo la cámara de convección un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo, estando el primer extremo de la cámara de convección adyacente al segundo extremo de la cámara de combustión. La tercera etapa consiste en disponer, como mínimo, una cámara de reacción que tenga una primera parte y una segunda parte en comunicación de fluido con la primera parte, estando una parte sustancial de la primera parte dispuesta en la cámara de combustión y estando una parte sustancial de la segunda parte dispuesta en la cámara de convección, en la que la segunda parte es un tubo dentro de un tubo que tiene una parte anular entre una parte tubular interna y una parte tubular externa que rodea la parte tubular interna. La cuarta etapa consiste en disponer un conjunto de quemadores dispuestos en la cámara de combustión, estando cada quemador adaptado para quemar un combustible, en la que la cámara de reacción está situada entre un primer quemador y un segundo quemador. La quinta etapa consiste en quemar un combustible en los quemadores, generando, de este modo, un calor de combustión y un flujo de gases de combustión desde la cámara de combustión a la cámara de convección, teniendo los gases de combustión un calor sensible. La sexta etapa consiste en alimentar un primer material mixto a la primera parte de la cámara de reacción, en la que el primer material mixto fluye en la misma dirección de corriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de combustión, en la que, como mínimo, una parte del primer material mixto absorbe, como mínimo, una parte del calor de combustión. La séptima etapa consiste en alimentar un material mixto a la parte anular de la segunda parte de la cámara de reacción, en la que el segundo material mixto fluye en contracorriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de convección, mediante lo cual, como mínimo, una parte del material mixto absorbe, como mínimo, una parte del calor sensible. La octava etapa consiste en mezclar el primer

material mixto y el segundo material mixto en la cámara de reacción. La novena etapa consiste en extraer una corriente de producto desde la parte interna del tubo dentro del tubo, en la que el producto fluye a través de la parte tubular interna en contracorriente con el segundo material mixto.

5 BREVE DESCRIPCIÓN DE VARIAS VISTAS DE LOS DIBUJOS

La presente invención se describirá a modo de ejemplo con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

10 La figura 1 es una vista parcial en alzado transversal esquemática del aparato reformador para una realización de la presente invención;

La figura 2 es una vista en planta transversal esquemática, a lo largo de la línea -2-2- de la realización de la presente invención mostrada en la figura 1; y

15 La figura 3 es una vista en planta transversal esquemática tomada a lo largo de la línea -3-3- de la realización de la presente invención mostrada en la figura 1.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

20 La presente invención utiliza un reactor de reformado tubular que combina una sección de un tubo individual (tubo radiante) y una sección del tipo tubo dentro de un tubo (tubo dentro de un tubo). La sección del tubo individual se encuentra adyacente a un quemador o quemadores y recibe el calor directo de la llama o llamas del quemador. La sección del tubo dentro del tubo está confinada con una pared metálica con una capacidad de emisión elevada o una pared refractaria recubierta con materiales con una capacidad de emisión elevada. La reacción de reformado en los
25 anillos del tubo dentro del tubo recibe de manera convectiva el calor sensible de gases de combustión en la parte externa del tubo externo y del gas de síntesis producto en el interior del tubo interno. El recinto para la sección del tubo dentro del tubo forma un canal convectivo o una cámara de convección que permite que los gases de combustión salgan de la sección radiante o la cámara de combustión. La superficie externa de la sección del tubo dentro del tubo, de manera preferente, está aleteada o tachonada para incrementar su área superficial expuesta a
30 los gases de combustión.

El aparato reformador -10- de la presente invención se muestra en la figura 1. Se introduce un material mixto primario -12- en la parte superior del tubo radiante -14- y fluye en la misma dirección de la corriente con los gases de combustión generados por los quemadores (-30-, -31-). El material mixto primario reacciona en presencia de un catalizador -13- para formar los productos de gas de síntesis. Se introduce un material mixto secundario -16- en los
35 anillos -18- del tubo dentro del tubo -20- en la parte inferior y fluye en contracorriente con los gases de combustión. El material mixto secundario reacciona en presencia de un catalizador -21- para formar los productos de gas de síntesis. (Aunque se muestran y se refieren como dos corrientes de alimentación separadas, los materiales mixtos primario y secundario pueden tener la misma composición y, de hecho, pueden ser simplemente corrientes de alimentación separadas de una fuente común de un material mixto único.)
40

Los productos de gas de síntesis del tubo radiante -14- en la cámara de combustión -24- y los productos de gas de síntesis de los anillos -18- del tubo dentro del tubo -20- en la cámara de convección -34- se mezclan en una "zona de mezclado" (no mostrada) para formar un gas producto mezclado, el cual sale del aparato reformador -10- a través
45 del tubo interno -28- del tubo dentro del tubo y se transmite a un conducto para el producto -26-. La localización de la zona de mezclado no es crítica, pero, de manera preferente, se encuentra en el catalizador -13- o por debajo del mismo en el tubo radiante -14-.

El flujo en contracorriente del gas producto mezclado y el material mixto secundario -16- en los anillos -18- permite
50 que el gas producto mezclado salga del aparato reformador -10- a una temperatura inferior a la del gas producto que sale de un reformador convencional. De este modo, el calor sensible a temperatura elevada del gas producto mezclado se recupera para el reformado en lugar de para la generación del vapor. La mezcla de las dos corrientes de productos de gas de síntesis antes de entrar en el tubo interno -28- del tubo dentro del tubo -20- amplía el diferencial de temperatura, incrementando, de este modo, la fuerza impulsora de la temperatura para la transferencia de calor. Por lo tanto, la presente invención resuelve la cuestión hallada por la técnica anterior utilizando sólo un tubo dentro de un tubo individual
55

La cámara de combustión -24- contiene, como mínimo, dos quemadores (-30-, -31-) o grupos de quemadores y tubos radiantes convencionales -14- que están expuestos directamente a las llamas de los quemadores de ambas caras, de forma similar a los reformadores convencionales. Los quemadores están adaptados para quemar un combustible o combustibles, generando, de este modo, un flujo de gases de combustión que tienen una temperatura, como mínimo, de 1500 F. Los expertos en la materia reconocerán que se pueden utilizar los quemadores para introducir fuentes de calor en la cámara de combustión a partir de fuentes externas, tales como gases de combustión a temperatura elevada, o para disponer gases contaminados por el entorno que no pueden contener un valor de calentamiento significativo. En la realización mostrada en la figura 1, el quemador -30- centrado cerca de la parte superior de la cámara de combustión, en general, quema más combustible que los otros dos quemadores -31-. De
60
65

manera preferente, cada quemador -31- genera del 30% al 100% de la cantidad de calor generado por el quemador -30-. Los expertos en la materia reconocerán que cada uno de los dos quemadores (-30- y -31-) generaría la misma cantidad de calor si se utilizara sólo un tubo radiante individual entre los quemadores (en lugar de los dos tubos y tres quemadores mostrados en la figura 1).

El flujo en la misma dirección de la corriente de los gases del proceso y del producto de combustión maximiza el flujo de calor al tubo radiante (tubo reformador) -14- sin limitación, tal como se observa en la técnica anterior. Los gases de combustión de la cámara de combustión -24- entran en la cámara de convección -34-, en la que el calor sensible de los gases de combustión se expulsan al tubo externo -36- del tubo dentro de un tubo -20- y, a continuación, sale del horno a través de un conducto -38- de los gases de combustión en la parte inferior del horno o cerca de la misma. En la cámara de convección, los gases de combustión tienen una velocidad relativamente elevada para maximizar la transferencia de calor antes de salir de la cámara de convección. El flujo en contracorriente del gas del proceso en los anillos -18- y los gases de combustión en la cámara de convección permiten que los gases de combustión salgan del reformador a una temperatura mucho menor en comparación con las temperaturas de salida de los procesos convencionales. De este modo, no se necesita un bucle de choque y se necesitan pasos convectivos mucho más pequeños para recuperar el calor sensible restante de los gases de combustión. Además, muchas cámaras de convección sustancialmente simétricas y relativamente pequeñas que tienen gases de combustión que fluyen a una velocidad relativamente elevada sirven como medio para mejorar el flujo uniforme de los gases de combustión en la cámara de combustión.

La figura 2 muestra una vista en planta transversal de la parte superior de la cámara de combustión -24-, que incluye los tubos radiantes -14- y los quemadores (-30-, -31-). La figura 3 es una vista en planta transversal que muestra la parte inferior de la cámara de convección -34-, que incluye las partes de tubo dentro de un tubo -20- de los reactores de reformado con aletas -40- que se extienden hacia fuera desde el tubo externo -36- del tubo dentro del tubo en una realización preferente, tal como se muestra en la figura 1. Haciendo referencia a la figura 3, en una realización preferente, la pared de separación -42- contiene cada sección de tubo dentro de un tubo con aletas de cada reactor de reformado. La figura 3 también muestra el conducto del producto -26- que recibe el gas de síntesis producto desde los tubos internos -28-, y los gases de combustión salen de los conductos -38- que llevan los gases de combustión fuera de la parte inferior del horno.

Los expertos en la materia reconocerán que los quemadores (-30-, -31-) pueden estar situados en otros sitios diferentes a los mostrados en las figuras 1 y 2, tal como en cualquier punto de las paredes laterales de la cámara de combustión -24-. Además, se pueden situar quemadores adicionales en la parte inferior de la cámara de combustión o cerca de la misma, o en otros sitios dentro de la cámara de combustión (por ejemplo, en cualquier punto de las paredes laterales). Dichos quemadores podrían utilizar combustible residual, el combustible en exceso de la planta o combustible convencional (por ejemplo, gas natural), según sea necesario. La capacidad de combustión de dichos combustibles adicionales aumentaría de manera significativa la transferencia de calor en la cámara de convección -34-, lo cual daría lugar a un horno más eficaz o proporcionaría un modo de incrementar la velocidad de producción de la sección del tubo dentro de un tubo -20- del reactor en la cámara de reacción. Se podrían conseguir resultados similares mediante la disposición en la parte inferior de la cámara de combustión de un gas a temperatura elevada (por ejemplo, superior a 1500°F), tal como gases de combustión de una fuente externa.

Si el combustible se quema en la parte inferior de la cámara de combustión -24- o cerca de la misma, la pared de separación de la cámara de convección -34- puede necesitar que sobresalga hacia arriba en la cámara de combustión para proteger la sección inferior (tubo dentro de un tubo -20-) del reactor de reformado de la exposición directa a la llama o llamas de combustión.

El método de recuperación del calor sensible de la presente invención permite a los usuarios (1) reducir de manera significativa el equipo de intercambiadores de calor para recuperar el calor sensible al gas de síntesis y el calor sensible al producto de combustión, (2) utilizar el calor residual de alto grado de los gases de combustión para el reformado en lugar de generar un exceso de vapor, (3) utilizar mejor los onerosos tubos de reformado para recuperar el calor sensible para las reacciones de reformado, (4) integrar de manera eficaz los gases producto calientes (del tubo radiante en la cámara de combustión y el tubo dentro del tubo en la cámara de convección) para aumentar la transferencia convectiva de calor mediante el incremento de la fuerza impulsora de la temperatura, (5) minimizar las necesidades del equipo y la pérdida de calor debido a las líneas de transferencia, y (6) combinar las cámaras de combustión y convección en una unidad compacta que se puede construir en el taller y servir como unidad modular, de manera que se pueden añadir varias unidades con conexiones relativamente simples en el sector de conseguir o expandir la capacidad de producción de gas de síntesis. Éstos y muchos otros beneficios y ventajas de la presente invención, incluyendo un incremento significativo en el rendimiento, serán reconocidos y apreciados por los expertos en la materia.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para proceso de reformado de hidrocarburos, que comprende:

5 una cámara de combustión que tiene un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo;

una cámara de convección en comunicación de fluido con la cámara de combustión, teniendo la cámara de convección un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo, estando el primer extremo de la cámara de convección adyacente al segundo extremo de la cámara de combustión;

10 como mínimo, un quemador dispuesto en la cámara de combustión, estando el quemador adaptado para quemar un combustible, generando, de este modo, un flujo de gases de combustión desde la cámara de combustión hasta la cámara de convección, teniendo los gases de combustión un calor sensible;

15 una cámara de reacción que tiene una primera parte y una segunda parte en comunicación de fluido con la primera parte, estando dispuesta una parte sustancial de la primera parte en la cámara de combustión y estando dispuesta una parte sustancial de la segunda parte en la cámara de convección, de manera que la segunda parte está dispuesta en la cámara de convección, de manera que la segunda parte es un tubo dentro de un tubo que tiene una parte anular entre una parte tubular interna y una parte tubular externa que rodea la parte tubular interna;

20 medios para producir el flujo de un primer material mixto a través de la primera parte de la cámara de reacción; y

medios para producir el flujo de un segundo material mixto a través de la parte anular de la segunda parte de la cámara de reacción en contracorriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de convección.

25 2. Aparato, según la reivindicación 1, que comprende además un medio de mezclado en la cámara de reacción adaptado para mezclar el primer material mixto y el segundo material mixto.

30 3. Aparato, según la reivindicación 1, que comprende además un medio para extraer una corriente de producto de la parte tubular interna del tubo dentro del tubo, fluyendo la corriente de producto a través de la parte tubular interna en contracorriente con el segundo material mixto.

35 4. Aparato, según la reivindicación 1, en el que el primer material mixto fluye en la misma dirección de la corriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de combustión.

40 5. Aparato, según la reivindicación 4, que comprende además, como mínimo, otro quemador, el otro quemador situado adyacente al segundo extremo de la cámara de combustión, el otro quemador adaptado para quemar una parte del combustible u otro combustible, generando, de este modo, un flujo de otros gases de combustión que tienen otro calor sensible, fluyendo inicialmente los otros gases de combustión en la cámara de combustión en contracorriente con el primer material mixto.

45 6. Aparato, según la reivindicación 4, que comprende además, como mínimo, otro quemador dispuesto en la cámara de combustión, estando el otro quemador adaptado para quemar una parte del combustible u otro combustible, generando, de este modo, un flujo de otros gases de combustión que tienen otro calor sensible, fluyendo inicialmente los otros gases de combustión en la cámara de combustión en una dirección inicial diferente de la misma dirección o la dirección contraria de la corriente del primer material mixto.

50 7. Aparato, según la reivindicación 4, en el que un gas que tiene otro calor sensible se inyecta de forma adyacente al segundo extremo de la cámara de combustión, fluyendo inicialmente el gas en la cámara de combustión en contracorriente con el primer material mixto.

55 8. Aparato, según la reivindicación 1, en el que la parte sustancial de la primera parte de la cámara de reacción se encuentra sustancialmente vertical en la cámara de combustión y la parte sustancial de la segunda parte de la cámara de reacción se encuentra sustancialmente vertical en la cámara de convección.

9. Aparato para un proceso de reformado de hidrocarburos, que comprende:

una cámara de combustión que tiene un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo;

60 una cámara de convección en comunicación de fluido con la cámara de combustión, teniendo la cámara de convección un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo, encontrándose el primer extremo de la cámara de convección adyacente al segundo extremo de la cámara de combustión;

65 como mínimo, dos cámaras de reacción separadas en una relación sustancialmente paralela, teniendo cada cámara de reacción una primera parte y una segunda parte en comunicación de fluido con la primera parte, estando una parte sustancial de la primera parte dispuesta en la cámara de combustión y estando una parte sustancial de la

segunda parte dispuesta en la cámara de convección, de manera que la segunda parte es un tubo dentro de un tubo que tiene una parte anular entre una parte tubular interna y una parte tubular externa que rodea la parte tubular interna;

5 un conjunto de quemadores dispuestos en la cámara de combustión, estando cada quemador adaptado para quemar un combustible, generando, de este modo, un flujo de gases de combustión desde la cámara de combustión hasta la cámara de convección, teniendo los gases de combustión un calor sensible, en los que un primer quemador está situado entre las dos cámaras de reacción, una primera cámara de reacción está situada entre el primer quemador y un segundo quemador, y una segunda cámara de reacción está situada entre el primer quemador y un
10 tercer quemador;

medios para provocar el flujo de un primer material mixto a través de la primera parte de cada cámara de reacción en la dirección de la corriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de combustión;

15 medios para provocar el flujo de un segundo material mixto a través de la parte anular de la segunda parte de cada cámara de reacción en contracorriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de convección;

un medio de mezclado en cada cámara de reacción adaptado para mezclar el primer material mixto y el segundo material mixto; y

20 un medio para extraer una corriente de producto de la parte interna del tubo dentro del tubo, fluyendo la corriente de producto a través de la parte tubular interna en contracorriente con el segundo material mixto.

10. Aparato para proceso de reformado de hidrocarburos, que comprende:

25 una cámara de combustión que tiene un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo;

30 una cámara de convección en comunicación de fluido con la cámara de combustión, teniendo la cámara de convección un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo, estando el primer extremo de la cámara de convección adyacente al segundo extremo de la cámara de combustión;

35 como mínimo, una cámara de reacción que tiene una primera parte y una segunda parte en comunicación de fluido con la primera parte, estando una parte sustancial de la primera parte dispuesta en la cámara de combustión y estando una parte sustancial de la segunda parte dispuesta en la cámara de convección, en la que la segunda parte es un tubo dentro de un tubo que tiene una parte anular entre una parte tubular interna y una parte tubular externa que rodea la parte tubular interna;

40 un conjunto de quemadores dispuestos en la cámara de combustión, estando cada quemador adaptado para quemar un combustible, generando, de este modo, un flujo de gases de combustión desde la cámara de combustión hasta la cámara de convección, teniendo los gases de combustión un calor sensible, de manera que la cámara de reacción está situada entre el primer quemador y el tercer quemador;

45 medios para provocar el flujo de un primer material mixto a través de la primera parte de la cámara de reacción en la dirección de la corriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de combustión;

medios para provocar el flujo de un segundo material mixto a través de la parte anular de la segunda parte de la cámara de reacción en contracorriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de convección;

50 un medio de mezclado en la cámara de reacción adaptado para mezclar el primer material mixto y el segundo material mixto; y

un medio para extraer una corriente de producto de la parte interna del tubo dentro del tubo, fluyendo la corriente de producto a través de la parte tubular interna en contracorriente con el segundo material mixto.

55 11. Método para producir un producto a partir de un proceso de reformado con vapor, que comprende las etapas de:

disponer una cámara de combustión que tenga un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo;

60 disponer una cámara de convección en comunicación de fluido con la cámara de combustión, teniendo la cámara de convección un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo, estando el primer extremo de la cámara de convección adyacente al segundo extremo de la cámara de combustión;

65 disponer una cámara de reacción que tenga una primera parte y una segunda parte en comunicación de fluido con la primera parte, estando una parte sustancial de la primera parte dispuesta en la cámara de combustión y estando una parte sustancial de la segunda parte dispuesta en la cámara de convección, en la que la segunda parte es un tubo dentro de un tubo que tiene una parte anular entre una parte tubular interna y una parte tubular externa que rodea la

parte tubular interna;

quemar un combustible en la cámara de combustión, generando, de este modo, un calor de combustión y un flujo de gases de combustión desde la cámara de combustión hasta la cámara de convección, teniendo los gases de combustión un calor sensible;

alimentar un primer material mixto a la primera parte de la cámara de reacción, en la que, como mínimo, una parte del primer material mixto absorbe, como mínimo, una parte del calor de combustión; y

alimentar un segundo material mixto a la parte anular de la segunda parte de la cámara de reacción, en la que el segundo material mixto fluye en contracorriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de convección, mediante lo cual, como mínimo, una parte del segundo material mixto absorbe, como mínimo, una parte del calor sensible.

12. Método, según la reivindicación 11, que comprende las etapas adicionales de mezclar el primer material mixto y el segundo material mixto en la cámara de reacción; y

extraer una corriente de producto de la parte tubular interna del tubo dentro del tubo, fluyendo la corriente de producto a través de la parte tubular interna en contracorriente con el segundo material mixto.

13. Método, según la reivindicación 11, en el que el primer material mixto fluye en la dirección de la corriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de combustión.

14. Método, según la reivindicación 13, que comprende las etapas adicionales de:

quemar una parte del combustible u otro combustible cerca del segundo extremo de la cámara de combustión, generando, de este modo, otro calor de combustión y un flujo de otro gas de combustión que tiene otro calor sensible, en el que los otros gases de combustión fluyen inicialmente en la cámara de combustión en contracorriente con el primer material mixto.

15. Método, según la reivindicación 13, que comprende la etapa adicional de:

quemar una parte del combustible u otro combustible en la cámara de combustión, generando, de este modo, otro calor de combustión y un flujo de otros gases de combustión que tiene otro calor sensible, en el que los otros gases de combustión fluyen inicialmente en la cámara de combustión en una dirección inicial diferente de la misma dirección o la dirección contraria de la corriente del primer material mixto.

16. Método, según la reivindicación 13, que comprende la etapa adicional de:

inyectar un gas que tiene otro calor sensible cerca del segundo extremo de la cámara de combustión, fluyendo inicialmente el gas en la cámara de combustión en contracorriente con el primer material mixto.

17. Método, según la reivindicación 11, en el que la parte sustancial de la primera parte de la cámara de reacción está dispuesta sustancialmente vertical en la cámara de combustión y la parte sustancial de la segunda parte de la cámara de reacción está dispuesta sustancialmente vertical en la cámara de convección.

18. Método para producir un producto a partir de un proceso de reformado con vapor, que comprende las etapas de:

disponer una cámara de combustión que tenga un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo;

disponer una cámara de convección en comunicación de fluido con la cámara de combustión, teniendo la cámara de convección un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo, estando dispuesto el primer extremo de la cámara de convección adyacente al segundo extremo de la cámara de combustión;

disponer, como mínimo, dos cámaras de reacción separadas en una relación sustancialmente paralela, teniendo cada cámara de reacción una primera parte y una segunda parte en comunicación de fluido con la primera parte, estando una parte sustancial de la primera parte dispuesta en la cámara de combustión y estando una parte sustancial de la segunda parte dispuesta en la cámara de convección, en la que la segunda parte es un tubo dentro de un tubo que tiene una parte anular entre una parte tubular interna y una parte tubular externa que rodea la parte tubular interna;

disponer un conjunto de quemadores en la cámara de combustión, estando cada quemador adaptado para quemar un combustible, en el que, como mínimo, un primer quemador está situado entre las dos cámaras de reacción, una primera cámara de reacción está situada entre el primer quemador y un segundo quemador, y una segunda cámara de reacción está situada entre el primer quemador y un tercer quemador;

quemar un combustible en los quemadores, generando, de este modo, un calor de combustión y un flujo de gases de combustión desde la cámara de combustión hasta la cámara de convección, teniendo los gases de combustión un calor sensible;

5 alimentar un primer material mixto a la primera parte de cada cámara de reacción, en la que el primer material mixto fluye en la misma dirección de la corriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de combustión, y, como mínimo, una parte del primer material mixto absorbe, como mínimo, una parte del calor de combustión;

10 alimentar un segundo material mixto a la parte anular de la segunda parte de cada cámara de reacción, en la que el segundo material mixto fluye en contracorriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de convección, mediante lo cual, como mínimo, una parte del segundo material mixto absorbe, como mínimo, una parte del calor sensible;

15 mezclar el primer material mixto y el segundo material mixto en cada cámara de reacción; y

extraer una corriente de producto de la parte interna del tubo dentro del tubo, en el que la corriente de producto fluye a través de la parte tubular interna en contracorriente con el segundo material mixto.

20 19. Método para producir un producto a partir de un proceso de reformado con vapor, que comprende las etapas de:

25 disponer una cámara de combustión que tenga un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo;

30 disponer una cámara de convección en comunicación de fluido con la cámara de combustión, teniendo la cámara de convección un primer extremo y un segundo extremo opuesto al primer extremo, estando dispuesto el primer extremo de la cámara de convección adyacente al segundo extremo de la cámara de combustión;

35 disponer, como mínimo, una cámara de reacción que tenga una primera parte y una segunda parte en comunicación de fluido con la primera parte, estando una parte sustancial de la primera parte dispuesta en la cámara de combustión y estando una parte sustancial de la segunda parte dispuesta en la cámara de convección, en la que la segunda parte es un tubo dentro de un tubo que tiene una parte anular entre una parte tubular interna y una parte tubular externa que rodea la parte tubular interna;

40 disponer un conjunto de quemadores dispuestos en la cámara de combustión, estando cada quemador adaptado para quemar un combustible, en el que la cámara de reacción está situada entre un primer quemador y un segundo quemador;

45 quemar un combustible en los quemadores, generando, de este modo, un calor de combustión y un flujo de gases de combustión desde la cámara de combustión hasta la cámara de convección, teniendo los gases de combustión un calor sensible;

50 alimentar un primer material mixto a la primera parte de la cámara de reacción, en la que el primer material mixto fluye en la misma dirección de la corriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de combustión, y, como mínimo, una parte del primer material mixto absorbe, como mínimo, una parte del calor de combustión;

55 alimentar un segundo material mixto a la parte anular de la segunda parte de la cámara de reacción, en la que el segundo material mixto fluye en contracorriente con el flujo de gases de combustión en la cámara de convección, mediante lo cual, como mínimo, una parte del segundo material mixto absorbe, como mínimo, una parte del calor sensible;

60 mezclar el primer material mixto y el segundo material mixto en cada cámara de reacción; y

extraer una corriente de producto de la parte interna del tubo dentro del tubo, en el que la corriente de producto fluye a través de la parte tubular interna en contracorriente con el segundo material mixto.

FIG. 1

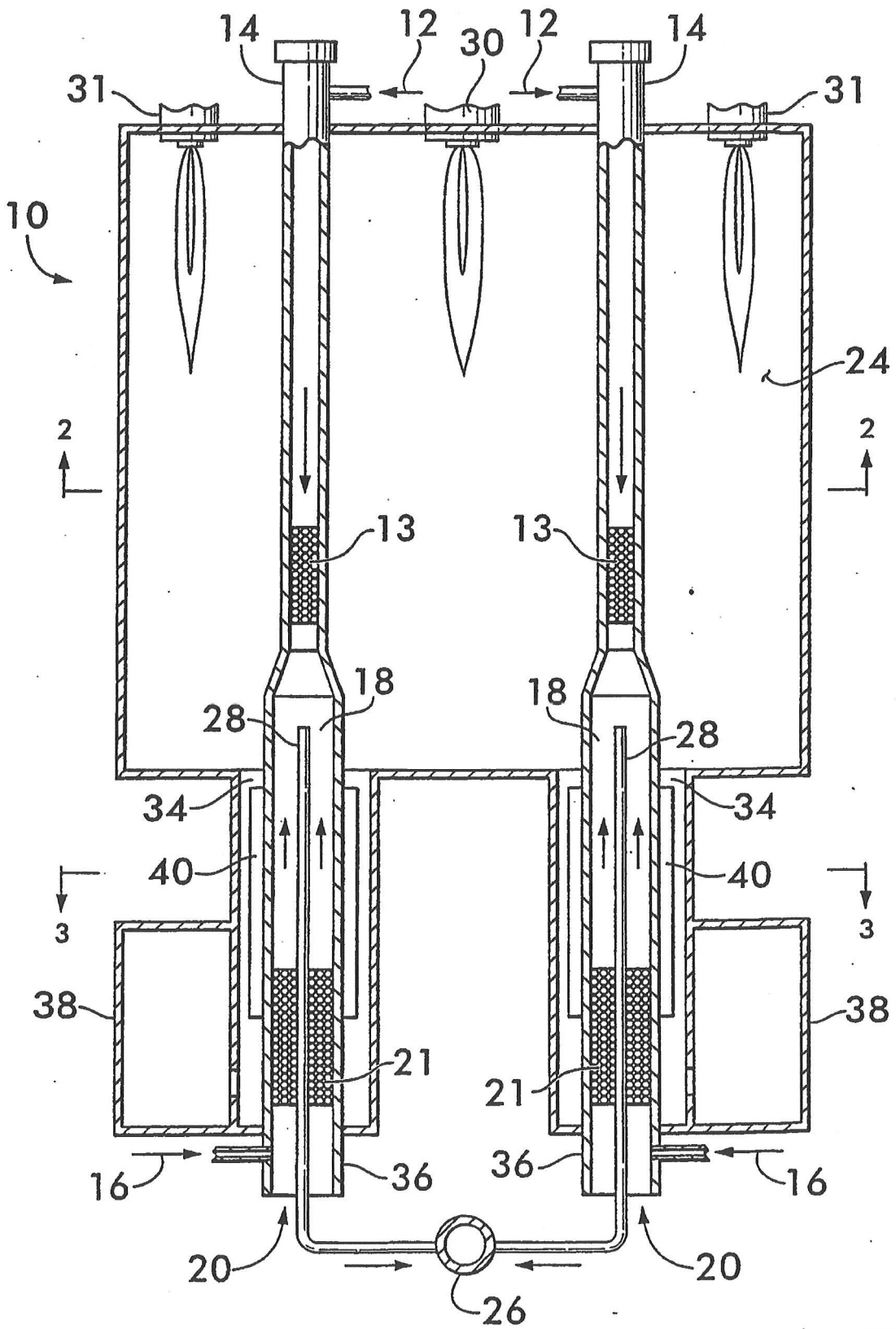


FIG. 2

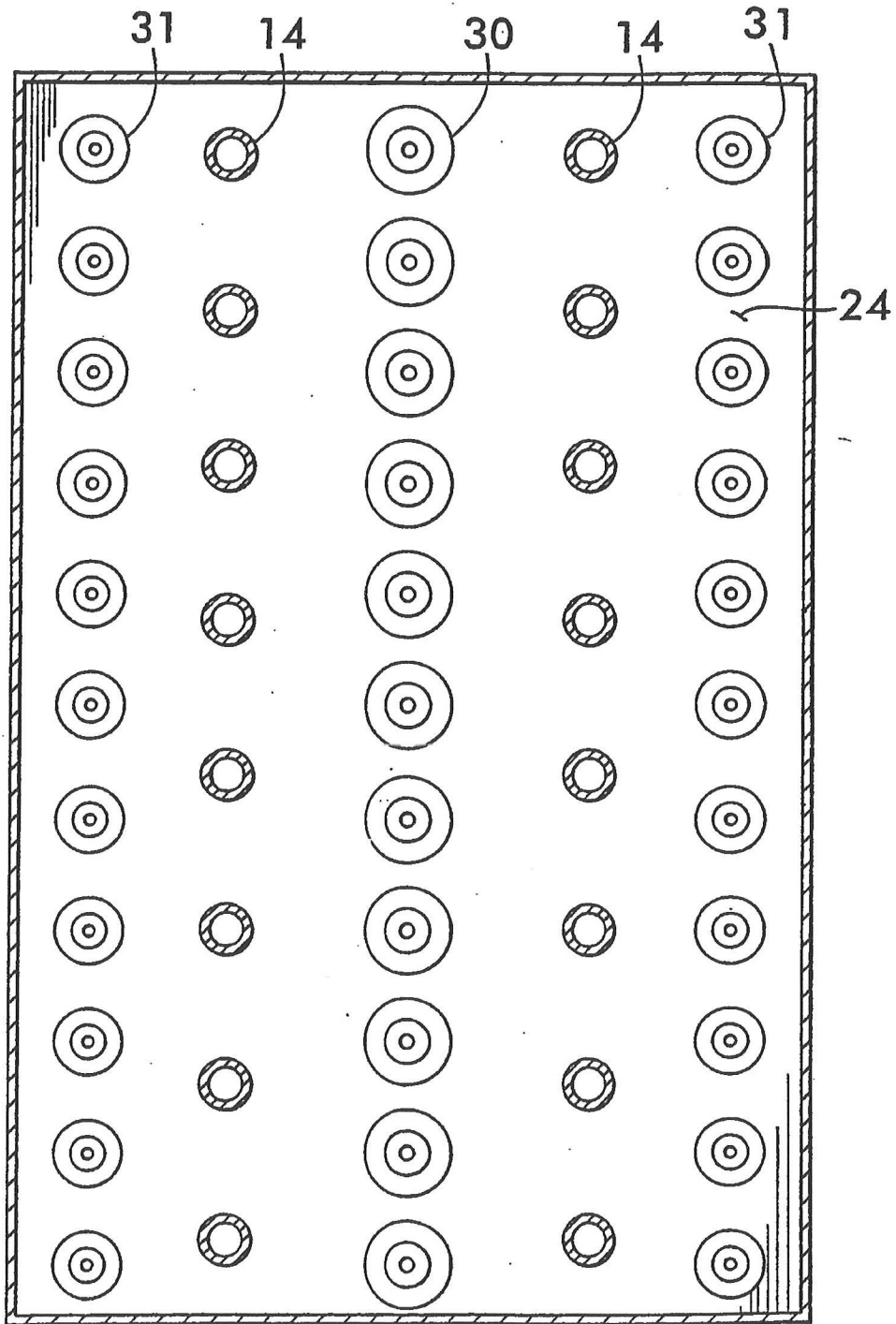


FIG. 3

