

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 774 506**

51 Int. Cl.:

C10B 1/04 (2006.01)
C10B 21/00 (2006.01)
C10J 3/84 (2006.01)
C10J 3/74 (2006.01)
C10J 3/48 (2006.01)
C10B 21/18 (2006.01)
C10B 57/18 (2006.01)
C10G 1/02 (2006.01)
C10G 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.03.2016 PCT/GB2016/050584**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **09.09.2016 WO16139492**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.03.2016 E 16714511 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2019 EP 3265543**

54 Título: **Aparato y procedimiento de pirólisis o gasificación**

30 Prioridad:

05.03.2015 GB 201503760

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.07.2020

73 Titular/es:

**STANDARD GAS LIMITED (100.0%)
49 Berkeley Square
London W1J 5AZ, GB**

72 Inventor/es:

DONEGAN, DANIEL MICHAEL

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 774 506 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 procedimiento de pirólisis o gasificación

Campo de la divulgación

5 La presente invención se refiere en general a procedimientos y aparatos de pirólisis y gasificación. La pirólisis se usa para destruir los residuos caloríficos y/o para producir gas a partir de los mismos. La destrucción de los residuos caloríficos es deseable para evitar la necesidad del daño del medio ambiente debido al enterramiento en vertederos o al vertido en el mar. Sin embargo, algunas formas de destrucción crean contaminación gaseosa y/o dióxido de carbono, derivando en daño del medio ambiente y potencialmente aumentando el calentamiento global. Por lo tanto, se requiere un procesamiento adicional antes de que se pueda usar el gas.

Antecedentes

10 El Tratamiento Térmico Avanzado (ATT) se refiere principalmente a las tecnologías que emplean pirólisis o gasificación. El ATT se discute en el Sumario, titulado "Advanced thermal treatment of municipal solid waste" producido por el Department for Environment, Food & Rural Affairs of the UK Government (<https://www.gov.uk/government/publications/advanced-thermal-treatment-of-municipal-solid-waste>). Dicho Sumario
15 indica que el alquitranado es un problema con los sistemas convencionales de pirólisis y gasificación, en los que la acumulación de alquitrán puede provocar problemas de operación (por ejemplo, si la acumulación de alquitrán provoca bloqueos).

20 La pirólisis pura es un procedimiento de descomposición termoquímica de material para producir gas, en el que el oxígeno está ausente. Si una pequeña cantidad de oxígeno está presente, la producción de gas se denomina gasificación. La cantidad de oxígeno presente en la gasificación es insuficiente para permitir que se produzca la combustión. En la presente solicitud, a menos que se especifique lo contrario, pirólisis y gasificación tendrán el mismo significado.

25 En un procedimiento de ATT, se libera gas a partir de un material de alimentación o "materia prima", dejando la materia sólida (residuos carbonosos) como un subproducto. Los expertos entenderán que el término "materia prima" como se usa en esta descripción se refiere a cualquier material sólido que tiene un valor calorífico. Las materias primas previstas de manera típica en este contexto son materiales de desecho tal como biomasa, madera o papel, neumáticos de caucho, plástico y polietileno, o sólidos de aguas residuales. También se incluyen los combustibles fósiles de baja calidad, tal como carbones de lignito o bituminosos. La materia prima de las unidades de ATT para la generación de gas de síntesis puede ser la mayoría de los materiales a base de carbono con un valor calorífico. Por ejemplo, se
30 pueden usar combustibles fósiles. Sin embargo, en unidades de ATT convencionales, la materia prima debe estar preparada antes de entrar en la unidad, con lo que se añade tiempo y gasto adicional al procedimiento.

35 De manera convencional, parte del procedimiento de preparación incluye el secado de la materia prima, dado que el agua puede enfriar la unidad de ATT, de ese modo reduciendo la eficacia del procedimiento de ATT y aumentando la cantidad de alquitranes, aceites y PAH en el gas resultante. Por otra parte, en la preparación de la materia prima, cierto material con un valor calorífico puede ser rechazado como no conforme con una unidad de ATT dada. Por ejemplo, ciertas materias primas pueden ser difíciles de descomponer para algunas tecnologías de ATT para combustibles específicos mediante el uso de procedimientos térmicos.

40 El gas liberado, denominado gas sintético o "gas de síntesis" de aquí en adelante, después se puede usar como un combustible para generar calor o electricidad, ya sea en el lugar o en otro lugar. Si se usa material carbonoso como la materia prima, el residuo sólido resultante ("residuos carbonosos") por lo general es más rico en carbono. Esos residuos carbonosos también se pueden usar como fuente de combustible secundaria. En general, los procedimientos de pirólisis convencionales no dan como resultado gas de síntesis lo suficientemente puro para ser introducido en un generador. En su lugar, el gas de síntesis en primer lugar se debe someter a un procedimiento de limpieza (fregado) riguroso, de manera tal que cualquier partícula restante y el alquitrán se eliminen del gas de síntesis. La retención de
45 alquitrán y aceite es la consecuencia de la temperatura insuficiente y el tiempo de permanencia.

50 Esos aceites y alquitranes pueden contener hidrocarburos policíclicos aromáticos, PAH, (también denominados hidrocarburos poliaromáticos), que son contaminantes orgánicos que se pueden formar a partir de la combustión incompleta de material carbonoso (tal como madera, carbón, petróleo, etc.). Los PAH pueden ser peligrosos para la salud humana, y pueden tener propiedades tóxicas y/o carcinogénicas. Por lo tanto, se prefiere que el gas que sale del sistema de pirólisis esté libre de aceites y alquitranes, y por lo tanto de PAH.

55 Los PAH por lo general tienen altos puntos de fusión y de ebullición. Los puntos de ebullición pueden ser, por ejemplo, 500 °C o más. Por ejemplo, Piceno (C₂₂H₁₄) tiene un punto de ebullición de aproximadamente 520 °C y un punto de fusión de aproximadamente 365 °C y Coroneno (C₂₄H₁₂) tiene un punto de ebullición de aproximadamente 525 °C y un punto de fusión de aproximadamente 440 °C. En consecuencia, la descomposición termoquímica, o "craqueo" de los PAH requiere temperaturas muy altas y los PAH son difíciles de eliminar por medio de un procedimiento de pirólisis convencional.

En algunas variantes, un sistema de pirólisis incluye una retorta rotativa en la que se lleva a cabo el procedimiento de pirólisis. La rotación de la retorta ayuda a romper la materia prima de manera mecánica. Con el fin de proporcionar resistencia estructural, las retortas rotativas convencionales adecuadas pueden estar fabricadas de materiales tal como una aleación de acero o níquel. Tales materiales no son conductores térmicos particularmente eficaces, lo que significa que una gran porción de la energía usada para calentar la retorta rotativa no se transfiere a la materia prima y/o gas dentro de la retorta. Por lo tanto, es difícil elevar la temperatura dentro de la retorta a un nivel suficiente para romper completamente los PAH. El gas de síntesis que sale de una retorta convencional por lo tanto contiene alquitranes y aceites de partículas, que incluyen los PAH. Si bien el tiempo de permanencia dentro de la retorta se puede aumentar para romper los PAH, esto reduce el rendimiento de la materia prima y por lo tanto reduce la eficacia del sistema de pirólisis.

El documento WO2005/116524 describe equipos de planta que incluyen dos gasificadores. Los residuos carbonosos del gasificador primario se usan como combustible en el gasificador secundario. El gasificador primario es un horno rotativo que consiste en una carcasa o tubo de metal giratorio ligeramente inclinado que transporta combustible a lo largo de su longitud. El gas de escape del gasificador secundario externo al horno calienta el tubo.

El documento WO2005/116524 además describe un aparato y un procedimiento para la conversión de material carbonoso o de otro tipo con valor calorífico en gas de alta calidad preferentemente para alimentar un motor de gas de movimiento alternativo para la generación de electricidad. El combustible húmedo entra en la unidad, después de lo cual se seca. Después, el combustible secado se verifica en cuanto a su tamaño a través de un trasmallo. El combustible de tamaño adecuado pasa a través del trasmallo y el combustible de tamaño excesivo va hacia el transportador de rechazo, en el que se suministra para trituración, después de lo cual el combustible se puede dimensionar correctamente. Después, el combustible seco del tamaño correcto se compacta formando un tapón de combustible cilíndrico, para reducir al mínimo la cantidad de aire, y se alimenta a través de un sistema de alimentación en un gasificador provisto de una configuración de paleta interna, que permite la distribución homogénea del material de alimentación sobre una gran área de una retorta. El gas liberado por la disposición del documento WO2005/116524 se enfría y se limpia en una unidad de inactivación de gas.

Un problema con numerosos sistemas de ATT convencionales es la incapacidad de romper por completo, o descomponer, ciertos materiales. Por lo tanto, el gas de síntesis que sale de esos sistemas de ATT contiene partículas residuales, tal como alquitranes y aceites, que deben ser retiradas del gas de síntesis antes de que se pueda usar el gas de síntesis.

En la técnica se sabe que el uso de una atmósfera de CO₂ puede mejorar el rendimiento del gas de síntesis producido a partir de un procedimiento de pirólisis. "An Investigation into the Syngas Production From Municipal Solid Waste (MSW) Gasification Under Various Pressure and CO₂ Concentration" (Kwon *et al.*, presentado en la 17th Annual North American Waste-to-Energy Conference 18-20 May 2009, Chantilly, Virginia, US, Proc 17th Annual North American Waste-to-Energy Conference NAWTEC17, paper NAWTEC17-2351) desvela que la inyección de CO₂ permite una reducción adicional de residuos carbonosos, y produce una proporción significativamente mayor de CO. Además, la inyección de CO₂ reduce los niveles de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), lo cual puede estar directamente relacionado con la formación de alquitrán y coque durante un procedimiento de gasificación.

El documento US5770017 se refiere a un procedimiento y aparato para usar transferencia de calor de superficie a superficie de una materia prima sólida o semisólida contra una superficie interior de un recipiente de contención. El recipiente tiene una forma de toro o helicoidal de manera tal que una materia prima (y productos) se puedan transportar a través del recipiente a una velocidad que sostiene la materia prima contra la periferia exterior de la superficie interna del recipiente a medida que transita el recipiente.

El documento US2011/168605 se refiere a un procedimiento y un sistema para reformar una materia prima carbonosa que comprende reformar la materia prima para producir un primer gas de síntesis, someter una porción del primer gas de síntesis a una conversión catalítica, separar del producto de conversión de gas de síntesis al menos un subproducto, y usar al menos una porción del al menos un subproducto durante la reformación del material carbonoso adicional.

Medios para resolver el problema

Los inventores han ideado aparatos y procedimientos de Tratamiento Térmico Avanzado (pirólisis y gasificación) novedosos e inventivos. Se dará una descripción amplia de los aspectos específicos de la invención. Las características preferidas de los aspectos específicos se exponen en las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un aparato de pirólisis como se establece en la reivindicación 1. De acuerdo con la presente invención, también se proporciona un procedimiento de craqueo de hidrocarburos como se establece en la reivindicación 12.

Una trayectoria de gas helicoidal o esférica permite que las partículas más pesadas dentro de un gas sean impulsadas hacia la pared del recinto de gas. Cuando se calienta el recinto de gas, las partículas más pesadas se mueven más cerca de la pared calentada del recinto de gas, experimentando así una mayor transferencia de calor. Algunas de las partículas más pesadas entrarán en contacto físico con la pared calentada del recinto de gas, experimentando así

transferencia de calor por conducción. Por lo tanto, las partículas más pesadas se descomponen con mayor facilidad. Por ejemplo, cuando la mezcla gaseosa es gas de síntesis mezclado con aceites, alquitranes y/o PAH, los aceites de gas de síntesis, alquitranes y/o PAH, al ser más pesados, serán impulsados hacia la pared calentada del recinto de gas. En consecuencia, el gas de síntesis producido por el procedimiento requiere una cantidad reducida de limpieza.

- 5 En algunos aspectos, el recinto de gas es un tubo que tiene un inserto de espiral. Esto minimiza el espacio requerido para centrifugar la mezcla gaseosa. El tubo que tiene un inserto de espiral puede sustituir el que ya existe, y que ya está en una ubicación en la que va a ser calentado, dentro de un aparato de pirólisis o gasificación (ATT).

- 10 En algunos aspectos, el recinto de gas incluye una carcasa troncocónica que tiene una tubería de entrada de gas conectada a la misma, la tubería de entrada está inclinada en un radio del recinto de gas. De manera ventajosa, las partículas más pesadas son impulsadas hacia la pared del recinto de gas por la fuerza centrípeta y la gravedad. Otras partículas pesadas que no se pueden descomponer, se pueden quitar con facilidad. En algunos aspectos, el recinto de gas incluye una porción de extensión que tiene paredes paralelas, o sustancialmente paralelas, que se extienden desde una circunferencia más ancha de la carcasa troncocónica. La porción de extensión es más simple de fabricar que la carcasa troncocónica, y puede aumentar el tiempo de permanencia dentro del recinto de gas. En algunos aspectos, la carcasa troncocónica tiene un extremo de menor diámetro posicionado debajo de un extremo de mayor diámetro. Las partículas pesadas que no se pueden descomponer se pueden acumular en el diámetro más pequeño por facilidad de eliminación.

En algunos aspectos, el recinto de gas es un tubo enrollado.

- 20 El aparato comprende una unidad de pirólisis que tiene una región de pirólisis y un pasaje de salida de gas, en el que el recinto de gas está acoplado al pasaje de salida de gas. Por lo tanto, el gas de la región de pirólisis, entra en el recinto de gas. El gas retiene parte del calor aplicado durante un procedimiento de pirólisis en la región de pirólisis, mejorando de este modo la eficacia del aparato de pirólisis.

- 25 En algunos aspectos, el sistema de calentamiento está adaptado para calentar la región de pirólisis. La inclusión de un sistema de calentamiento que calienta tanto el recinto de gas como la región de pirólisis mejora la eficacia del sistema de pirólisis. En algunos aspectos, el recinto de gas se encuentra dentro del sistema de calentamiento. Por lo tanto, el recinto de gas se encuentra en un lugar más caliente que la región de pirólisis, lo que significa que las partículas que permanecen dentro de una mezcla gaseosa que surge de un procedimiento de pirólisis en la región de pirólisis son más propensas a romperse en el recinto de gas.

- 30 En algunos aspectos, el aparato de pirólisis comprende un segundo recinto de gas, en el que una trayectoria de gas dentro del segundo recinto calentado es helicoidal o esférica y una salida de gas del primer recinto de gas está conectada a una entrada de gas del segundo recinto de gas. La inclusión de más de un recinto de gas que tiene una trayectoria de gas helicoidal o esférica aumenta el tiempo de permanencia de la mezcla gaseosa. Además, la transferencia de calor a las partículas más pesadas será conductora durante más tiempo.

- 35 En algunos aspectos, el sistema de calentamiento comprende una cámara con aislamiento térmico y una o más fuentes de calor dispuestas para calentar el interior de la cámara con aislamiento térmico.

En algunos aspectos, el sistema de calentamiento comprende una pluralidad de unidades de calentamiento, en la que cada unidad de calentamiento comprende una cámara con aislamiento térmico y una fuente de calor dispuesta para calentar el interior de la cámara con aislamiento térmico. Por lo tanto, la temperatura de los recintos de gas dentro de cada uno de los sistemas de calentamiento se puede controlar por separado.

- 40 En algunos aspectos, el recinto de gas se encuentra en el interior de la cámara con aislamiento térmico.

En algunos aspectos, la cámara con aislamiento térmico tiene una abertura de salida a través de una pared, y el recinto de gas está posicionado entre la fuente de calor y la abertura de salida. El aire calentado de la fuente de calor incidirá directamente en el recinto de gas antes de salir de la cámara con aislamiento térmico.

- 45 En algunos aspectos, el sistema de calentamiento está adaptado para calentar una superficie exterior del recinto de gas.

La mezcla gaseosa sigue una trayectoria en espiral o helicoidal alrededor de dicho eje. Seguir una trayectoria en espiral o helicoidal del gas alrededor de un eje asegura que las partículas estén en contacto con la pared calentada de un recinto de gas durante un período de tiempo prolongado.

La invención incluye pirolizar una materia prima para crear la mezcla gaseosa.

- 50 Algunos aspectos comprenden usar un solo sistema de calentamiento para pirolizar la materia prima y para calentar dicha mezcla gaseosa.

De manera ventajosa, la presente invención puede reducir el fregado (limpieza) requerido para producir gas de síntesis usable.

Breve descripción de las figuras

Diversas realizaciones y aspectos de la presente invención se describen sin limitación a continuación, con referencia a las figuras adjuntas en las que:

- La Figura 1 es un alzado de extremo transversal de un aparato de pirólisis de acuerdo con una realización.
- 5 La Figura 2 es un alzado lateral transversal de un aparato de pirólisis de acuerdo con dicha realización.
- La Figura 3 es un alzado lateral transversal de un sistema de calentamiento que incluye un recinto de gas de una realización preferida.
- Las Figuras 4a-c muestran vistas en planta de diversos aspectos de la realización preferida.
- La Figura 5a muestra una vista en perspectiva de un inserto de espiral.
- 10 La Figura 5b muestra una vista en perspectiva de un tubo que tiene un recorte que muestra el inserto de espiral de la Figura 5a.
- La Figura 6a muestra una vista en planta de una serie de recintos de gas dentro de una cámara con aislamiento térmico.
- 15 La Figura 6b muestra una vista en planta de una serie de recintos de gas, cada uno con una cámara con aislamiento térmico respectiva.
- La Figura 7 muestra una vista en planta de un aparato de Tratamiento Térmico Avanzado (pirólisis o gasificación) que incluye una serie de recintos de gas de acuerdo con la realización preferida.
- La Figura 8 muestra una bobina de gas.

Descripción detallada de una realización preferida

- 20 La siguiente descripción se refiere a un Tratamiento Térmico Avanzado (ATT) de materias primas. Los ejemplos específicos de ATT incluyen la pirólisis y la gasificación. En la presente solicitud, a menos que se especifique lo contrario, la pirólisis y la gasificación tendrán el mismo significado. Además, se entenderá que la descripción de un aparato de ATT se puede referir igualmente a un aparato de gasificación o un aparato de pirólisis. De manera similar, la descripción de un procedimiento de ATT se puede referir igualmente a un procedimiento de gasificación, o un procedimiento de pirólisis.
- 25

La presente invención se refiere en general al uso de una trayectoria de gas espiral o helicoidal dentro de un recinto calentado (recinto de gas) para pirolizar o gasificar una mezcla gaseosa después de dicha trayectoria de gas. Para los fines de la presente, los términos "hélice" y "helicoidal" se usan para denotar una hélice o un espiral a menos que se especifique lo contrario. El recinto calentado puede ser una tubería, tubo o sistema de tuberías calentado, o un cono calentado.

30

El recinto calentado (recinto de gas) 17 que contiene una trayectoria de gas helicoidal es en particular de uso para el procesamiento de una mezcla gaseosa que surge de un procedimiento de ATT en una unidad de ATT 50. Si dicho procedimiento de ATT no es eficaz, la mezcla gaseosa puede contener alquitranes, aceites y PAH, además de gas de síntesis. Dicha mezcla gaseosa se puede dirigir a través del recinto calentado 17, en el que los hidrocarburos se rompen. Dentro del recinto calentado 17, la mezcla gaseosa es forzada en una trayectoria en espiral o helicoidal, lo que da lugar a una fuerza centrífuga.

35

La magnitud de la fuerza centrífuga está dada por la siguiente ecuación:

$$F = \frac{mV^2}{r}$$

- 40 en la que F es la fuerza centrífuga, m es la masa de una partícula, v es la velocidad tangencial de la partícula, y r es el radio de curvatura.

Se apreciará que las partículas de alquitranes, aceites y PAH serán más masivas que las partículas de gas de síntesis. Como se muestra por medio de la ecuación anterior, aquellas partículas más masivas experimentan una mayor fuerza centrífuga, son más propensas a ser puestas en contacto con la pared del recinto, con lo que experimentan transferencia de calor por conducción desde la porción más caliente del recinto. Como la transferencia de calor por conducción es más eficaz que la transferencia de calor por convección o por radiación, las partículas en contacto con la pared del recinto son más propensas a ser pirolizadas que las partículas más alejadas de la pared del recinto. De manera adicional, la fuerza centrífuga mantiene las partículas más pesadas en contacto con la pared del recinto, lo que aumenta la longitud de tiempo en la que las partículas más pesadas experimentan calentamiento por conducción.

45

50 Incluso cuando las partículas simplemente se aproximan a la pared sin entrar en contacto, habrá un perfil de

temperatura de manera tal que la zona más cercana a la pared estará más caliente, de manera tal que en general, cuanto más pesadas (y más en necesidad de craqueo) sean las partículas, estarán expuestas a más calor. Por medio de la centrifugación de la mezcla gaseosa de esta manera, es más probable que las partículas más pesadas dentro del gas se descompongan (es decir, se rompan o pirolícen), y, por lo tanto, que menos partículas permanezcan en la mezcla gaseosa.

La pared del recinto se puede calentar por cualquier mecanismo que alcanza una temperatura suficiente para un procedimiento de ATT. En la realización preferida, por ejemplo, un quemador sopla aire calentado sobre la pared del recinto.

Algunas implementaciones del concepto anterior se describen a continuación.

10 **Carcasa troncocónica**

En una realización preferida, como se muestra en la Fig. 3, el recinto calentado (recinto de gas) 17 incluye una carcasa troncocónica con una primera abertura 42 que tiene un primer radio que tiene una posición inferior a una segunda abertura 43 que tiene un segundo radio, siendo el primer radio más pequeño que el segundo radio. El gas se inserta en la carcasa troncocónica en un ángulo oblicuo con el diámetro de la carcasa. Por lo tanto, el gas se traslada en espiral dentro de la carcasa (es decir, el gas por lo general sigue una trayectoria helicoidal) y las partículas dentro del gas experimentan una fuerza centrífuga, que provoca que estas partículas se alejen del eje en dirección a la pared de la carcasa troncocónica.

El gas puede entrar en el recinto calentado (recinto de gas) 17 de cualquier manera, como se muestra en las Figs. 4a-c, con la condición de que el gas entre en el recinto calentado 17 en un ángulo inclinado en un radio del recinto calentado 17. En otras palabras, si el eje troncocónico 41 está alineado con un eje Z, el gas entra en la carcasa troncocónica 41 en un ángulo oblicuo cuando se consideran solo los componentes X e Y. Esto no limita al componente Z del ángulo de entrada de gas. Por ejemplo, el gas puede entrar en la carcasa troncocónica 41 por una tubería 44 que está unida a la carcasa 41, de manera tal que el gas no se dirija directamente hacia el eje de la carcasa troncocónica 41. Dado que el gas no se dirige a lo largo de una línea radial del recinto calentado 17, se hace que siga una trayectoria de gas alrededor de un eje de dicho recinto calentado 17, lo que da lugar a una fuerza centrífuga.

En algunas variaciones de este aspecto, una porción de extensión 46 se extiende desde la circunferencia más ancha de una porción troncocónica. La porción de extensión 46 tiene paredes paralelas, o sustancialmente paralelas. Se apreciará que la sección transversal de la porción de extensión 46 será la misma que la sección transversal de la segunda abertura 43. En el ejemplo mostrado en la Fig. 3, el gas entra de manera oblicua en la porción de extensión 46 por encima de la porción troncocónica.

El gas inicialmente sigue una trayectoria en espiral en la porción de extensión 46. Las partículas más pesadas en el gas caen, bajo la gravedad, en la porción troncocónica, mientras que el gas caliente por lo general se eleva a través de la porción de extensión 46 para salir del recinto a través de la abertura de salida.

Dado que las partículas más pesadas caen a través de la porción troncocónica, la gravedad y la fuerza centrífuga impulsan esas partículas hacia la pared de la porción troncocónica. Por lo tanto, el tiempo pasado en contacto con la pared del recinto calentado se incrementa para las partículas más pesadas, que requieren la mayor cantidad de energía para descomponerse. Las partículas pesadas que no son descompuestas en la porción troncocónica caen a través de la abertura de residuos 47 en la parte inferior del recinto, de este modo impidiendo la acumulación de partículas residuales no deseadas dentro de un sistema de tuberías. Esto reduce las posibilidades de bloqueos dentro de un sistema de tuberías y la reducción de la cantidad de limpieza y fregado requerido para el gas de síntesis que sale del aparato de pirólisis.

En la disposición mostrada en la Fig. 3, una carcasa troncocónica está incluida como parte de un sistema de calentamiento, que comprende una cámara con aislamiento térmico 15 y una fuente de calor 51 dispuestas para calentar el interior de la cámara con aislamiento térmico 15. Por ejemplo, una unidad de ATT en un aparato de ATT se calienta por medio de un sistema de calentamiento externo que comprende al menos una unidad de calentamiento. En algunos aspectos, un sistema de calentamiento comprende tres unidades de calentamiento.

En las Figs. 4a-c, la carcasa troncocónica 41 se muestra teniendo una sección transversal circular. Sin embargo, se apreciará que también se pueden adoptar otras secciones transversales, tal como un óvalo o una elipse, a condición de que la sección transversal incluya una superficie que hace que el gas fluya alrededor de un eje de curvatura. Las esquinas agudas preferentemente se evitan para reducir al mínimo la turbulencia en la trayectoria de gas.

15 **Tubo calentado con un inserto de espiral**

En otro aspecto, como se muestra en las Figs. 4a y 4b, el recinto calentado (recinto de gas) 17 es un tubo (o tubería) 48, y la trayectoria de gas helicoidal puede estar creada por el inserto de espiral 49 dentro del tubo 48. Preferentemente, el inserto de espiral 49 está unido de manera fija a la parte interior del tubo 48 de manera tal que el inserto de espiral 49 no gire con respecto al tubo 48.

5 El gas no puede fluir a lo largo del centro del tubo 48 debido al inserto de espiral 49 y en cambio fluye en una trayectoria helicoidal. En virtud de la fuerza centrífuga, las partículas dentro del gas se desplazan hacia la pared del tubo. Las partículas con mayor masa (es decir, las partículas más masivas) experimentan una mayor fuerza centrífuga que las partículas con una masa menor. Por lo tanto, es más probable que las partículas más masivas entren en contacto físico con la pared del tubo, y experimenten una transferencia de calor conductiva.

El borde del inserto de espiral 49 puede estar conectado a la pared del recinto, para de este modo poner el inserto de espiral 49 en contacto térmico conductivo con la pared del recinto. En esta disposición, el inserto de espiral se calienta por conducción con la pared del tubo, y puede ayudar en la transferencia de calor por conducción a las partículas dentro del gas.

10 El inserto de espiral 49 puede estar situado dentro de un tubo (o tubería) 49 corriente abajo, en la trayectoria de gas, de la retorta 50 en un aparato de ATT, en el que el tubo 49 y la retorta 50 son calentados por la misma fuente de calor 51. En tal disposición, el tubo 49 y la retorta 50 preferentemente se encuentran dentro del mismo armazón con aislamiento térmico 40. Esto hace uso eficiente de una fuente de calor 51 para una retorta de pirólisis. De manera alternativa, el tubo 49 puede ser colocado dentro de una cámara con aislamiento térmico separada del armazón con aislamiento térmico. El tubo 49 también se puede usar en lugar de la carcasa troncocónica de la realización preferida.

Tubo enrollado

20 En un aspecto, el recinto es un tubo enrollado (tubería enrollada). El gas se hace fluir alrededor del tubo enrollado, de esa manera fluyendo en una trayectoria en espiral. Las partículas más pesadas se impulsan a la porción de pared en el exterior de la espiral. En algunas realizaciones, el tubo enrollado se puede usar en lugar de la carcasa troncocónica de la realización preferida. De manera alternativa, la bobina de gas puede estar situada corriente abajo, en la trayectoria de gas, de la retorta 50 en un aparato de ATT.

Recintos de gas en serie

25 Las Figs. 6a y 6b muestran aspectos en los que se proporcionan tres recintos de gas 17 en serie. Se apreciará que se pueden añadir más recintos de gas 17, o se pueden usar dos recintos de gas 17, a condición de que haya una pluralidad de recintos de gas 17. En la Fig. 3, los recintos de gas 17 se muestran como carcasas troncocónicas 41, pero se pueden usar otros recintos de gas 17, tal como un tubo con un inserto de espiral o una bobina de gas. Además, cada recinto de gas 17 puede ser diferente. Por ejemplo, el primer recinto de gas puede ser una bobina de gas y el segundo puede incluir una carcasa troncocónica.

30 La Fig. 6a muestra una disposición en la que los recintos de gas 17 están incluidos en una sola cámara con aislamiento térmico 15. Se muestran tres fuentes de calor 51, si bien se puede proporcionar cualquier número de fuentes de calor 51 (incluso una sola fuente de calor). Las fuentes de calor 51 calientan el interior de la cámara con aislamiento térmico 15, y de ese modo también calientan los recintos de gas 15.

35 El gas ingresa en la entrada del primer recinto de gas, y sigue una trayectoria de gas en espiral o helicoidal alrededor de un eje de dicho primer recinto de gas antes de salir del primer recinto de gas. La entrada del segundo recinto de gas está conectada a la salida del primer recinto de gas. Después, el gas sigue una segunda trayectoria de gas en espiral o helicoidal en el segundo recinto calentado. La salida del segundo recinto, en las Figs. 6a y 6b, está conectada a la entrada del tercer recinto de gas, en el que el gas sigue una tercera trayectoria en espiral o helicoidal.

40 La provisión de múltiples recintos de gas (recintos calentados) 17 permite que se incremente el tiempo de permanencia para el gas. Por ejemplo, el tiempo de permanencia en el primer recinto de gas 17 puede ser de 2 segundos. Si los otros recintos de gas son iguales que el primer recinto de gas, el tiempo de permanencia será de 2 segundos multiplicado por el número de recintos de gas (recintos calentados). En consecuencia, hay una mayor posibilidad de craqueo (pirólisis o gasificación) de hidrocarburos en el gas.

45 La disposición de la Fig. 6b comprende tres unidades, cada una incluyendo un recinto de gas 17, una cámara con aislamiento térmico 15 y una fuente de calor 51. La disposición de la Fig. 6b puede ser, por ejemplo, el sistema de calentamiento de un aparato de ATT, en el que cada unidad es una unidad de calentamiento de ese aparato de ATT. Se apreciará que se pueden proporcionar más fuentes de calor 51 para cada cámara, de acuerdo con lo apropiado. Además, se pueden proporcionar más de tres unidades, o se pueden proporcionar dos unidades.

Dado que cada recinto de gas 17 de la Fig. 6b tiene un armazón con aislamiento térmico asociado, y la fuente de calor 51, la temperatura de cada uno de los recintos de gas puede ser controlada con más cuidado.

50 Dado que es probable que los hidrocarburos residuales que permanecen dentro de la mezcla gaseosa después del primer recinto calentado sean más difíciles de descomponer, más energía (mayores temperaturas) será útil en el segundo recinto calentado. En consecuencia, en algunos aspectos, la mezcla gaseosa primero entra en el recinto calentado de la unidad de calentamiento más fría, y después se dirige al recinto calentado de la segunda unidad de calentamiento más fría, y así sucesivamente hasta que la mezcla gaseosa alcance el recinto calentado de la unidad de calentamiento más caliente.

En algunos aspectos, dos (o más) recintos de gas consecutivos 17 pueden estar a la misma temperatura para aumentar el tiempo de permanencia. Esto proporciona un mayor tiempo de permanencia a una temperatura lo suficientemente caliente para que se produzca un procedimiento de pirólisis. Cualquier partícula (hidrocarburo) que permanece después del tiempo de permanencia prolongado se puede someter a una temperatura relativamente alta en un recinto gaseoso posterior. En un ejemplo, el primer y el segundo recinto de gas pueden estar a 1250 °C mientras que el tercer recinto de gas puede estar a 1500 °C.

Al aumentar la temperatura del recinto de gas desde el primero hasta el último recinto de gas se proporciona un sistema más eficaz, dado que las temperaturas más altas se proporcionan al recinto de gas final en el que será difícil de descomponer una mayor proporción de hidrocarburos que permanecen en el gas.

10 **Disposición preferida en un Aparato de Tratamiento Térmico Avanzado**

Las Figs. 1 y 7 muestran un aparato de ATT que incorpora recintos de gas (recintos calentados) 17 que contienen una trayectoria de gas helicoidal. Dicho aparato de ATT incluye tanto una carcasa troncocónica 41 dentro de una unidad de calentamiento como un tubo calentado que tiene un inserto de espiral. Sin embargo, se apreciará que otras realizaciones pueden omitir la carcasa troncocónica 41 dentro de una unidad de calentamiento o el tubo calentado que tiene un inserto de espiral. Se describe a continuación un aparato de ATT preferido.

Con referencia a las Figs. 1, 2 y 7, el aparato de Tratamiento Térmico Avanzado incluye una alimentación de retorta 1 para permitir que la materia prima entre en una unidad de ATT 50. La unidad de ATT 50 en las Figs. 1 y 2 se muestra como una retorta cilíndrica (u "horno") 50, sin embargo, se puede usar cualquier unidad de ATT 50 que tenga una región de pirólisis. Por ejemplo, en la retorta 50 que se muestra en las Figs. 1 y 2, un quemador 51 dirige el aire calentado hacia la superficie de la retorta 50, para de este modo crear una región de pirólisis en la retorta a medida que se eleva la temperatura de la superficie de la retorta.

La alimentación de retorta 1 está conformada para dirigir la materia prima en una tubería de alimentación sustancialmente vertical 3. Una o varias cámaras de aire 4 se pueden proporcionar en la tubería de alimentación 3, debajo de la alimentación de retorta 1, para evitar que el aire entre en la retorta de ATT. Las una o más cámaras de aire 4 pueden estar dispuestas para mantener una presión positiva dentro de la tubería de alimentación 3, de este modo evitando que el aire entre en la tubería de alimentación 3.

La tubería de alimentación 3 puede incluir un suministro de alimentación de CO₂ 8, para permitir que el CO₂ entre en la tubería de alimentación 3. Cuando se proporcionan dos cámaras de aire, el CO₂ puede entrar en la tubería de alimentación 3 entre las dos cámaras de aire. Pueden proporcionarse otras cámaras de aire además de las dos cámaras de aire. La parte inferior de la tubería de alimentación 3 está conectada a una tubería sustancialmente horizontal 27 para transportar la materia prima hacia la retorta de ATT 50.

En algunos aspectos, el tubo horizontal incluye una barrena 37 para transportar la materia prima a la retorta 50. La barrena 37 puede estar construida a partir de una aleación de níquel y es accionada por un motor 6. En algunos aspectos, el diámetro de la barrena 37 es de 0,3 m.

Una porción de la tubería sustancialmente horizontal 27 puede estar situada dentro de la retorta 50. La porción situada dentro de la retorta 50 puede tener una sección perforada para permitir que la materia prima salga de la tubería 27 a través de las perforaciones, para de este modo dispersar la materia prima sobre un área más amplia dentro de la retorta 50. De manera alternativa, la materia prima puede salir de la tubería sustancialmente horizontal 27 a través de un extremo de salida de la tubería sustancialmente horizontal 27. Preferentemente, la retorta 50 es coaxial con la tubería de alimentación 3, y la retorta puede girar alrededor del eje común. La acción de rotación de la retorta 50 ayuda a descomponer la materia prima de manera mecánica, por lo tanto, exponiendo una superficie más grande de la materia prima a la atmósfera calentada dentro de la retorta 50. De esta manera, la materia prima se puede procesar de manera más eficiente.

Dentro de la retorta 50, la materia prima se somete a un procedimiento de Tratamiento Térmico Avanzado (ATT) (es decir, un procedimiento de pirólisis o gasificación). Las una o más cámaras de aire previenen, o sustancialmente previenen, que el aire y otros gases ambientales entren en la retorta 50. Por consiguiente, el primer procedimiento de ATT se puede considerar un procedimiento de pirólisis pura.

Con referencia nuevamente a las Figs. 1 y 7, la retorta 50 (la retorta o el horno en las Figs. 1 y 7) está situada dentro de un almacén de la retorta con aislamiento térmico 40. La atmósfera dentro de la retorta 50 se aísla de la atmósfera que se encuentra dentro del almacén de la retorta 40 pero fuera de la retorta 50. La retorta 50 se calienta a una temperatura suficiente para que se produzca un primer procedimiento de ATT.

En el primer procedimiento de ATT, la materia prima dentro de la retorta 50 se convierte en una mezcla gaseosa, que comprende gas de síntesis y residuos carbonosos. Debido a ineficacias en el procedimiento, tal como una temperatura o tiempo de permanencia insuficiente aplicado a la materia prima, la mezcla gaseosa también incluye partículas residuales tal como partículas de aceite y alquitrán y PAH. Por lo tanto, de manera convencional, el gas producido por una unidad de ATT 50 se tiene que fregar (limpiar) antes de su uso. En la realización preferida, el gas de la unidad de ATT 50 se dirige a través de uno o más recintos calentados, en los que el gas sigue una trayectoria de gas helicoidal.

En la disposición preferida, el primer recinto de gas (recinto calentado) está situado dentro del almacén aislado 40 y por lo tanto es calentado por el mismo sistema de calentamiento 52 que la retorta 50. El primer recinto de gas es un tubo 48 con un inserto de espiral 49, el tubo 48 tiene un diámetro más estrecho que la retorta 50. Por ejemplo, el tubo 48 puede ser parte del sistema de tuberías 28 que conecta la retorta 29 a un segundo recinto calentado 41 dentro del sistema de calentamiento 52.

Debido al diámetro más estrecho, la transferencia de calor a la mitad del tubo 48 por radiación y convección será mayor que la transferencia de calor a la mitad de la retorta. En consecuencia, la temperatura promedio dentro del tubo 48 será mayor que la temperatura promedio de la retorta 50. Además, debido a la fuerza centrífuga que surge de la trayectoria de gas helicoidal, las partículas dentro de la mezcla gaseosa son impulsadas hacia la pared del tubo 48. Un segundo procedimiento de ATT, que incluye el calentamiento por conducción para las partículas más pesadas, se lleva a cabo dentro del tubo 48.

En la realización preferida, el segundo recinto calentado está situado corriente abajo del tubo 48. El segundo recinto calentado se muestra en la Fig. 1 como una carcasa troncocónica 41 que tiene una porción de extensión 46. El gas entra en la porción de extensión 46, por encima de la carcasa troncocónica 41, en un ángulo oblicuo (es decir, en un ángulo inclinado al radio de la carcasa troncocónica), dando como resultado una trayectoria helicoidal para la mezcla gaseosa. En la realización preferida, la carcasa troncocónica 41 está situada dentro de una cámara con aislamiento térmico 15 del sistema de calentamiento 52.

En algunos aspectos, una o más fuentes de calor 51 pueden calentar el interior del almacén con aislamiento térmico 15. En otros aspectos, un sistema de calentamiento 52 comprende una pluralidad de unidades de calentamiento como se describió con anterioridad. Cada unidad de calentamiento comprende un almacén con aislamiento térmico 15 y una fuente de calor 51. Un sistema de calentamiento 52 de la realización preferida incluye una pluralidad de unidades de calentamiento que comprenden carcasas troncocónicas 41.

Como se muestra en las Figs. 1 y 3, la cámara con aislamiento térmico 15 incluye una abertura de salida a través de una pared. Preferentemente, una de las paredes está enfrente de la fuente de calor 51 de manera tal que el aire calentado por la fuente de calor 51 pueda salir de la cámara con aislamiento térmico 15 a través de la abertura de salida. Cuando se implementa como parte de un aparato de ATT, la abertura de salida está dispuesta de manera tal que el aire calentado se dirija desde la fuente de calor 51 hasta una unidad de ATT (retorta) 50. Por ejemplo, el gas calentado por la fuente de calor 51 puede salir de la cámara con aislamiento térmico 15 a través de la abertura de salida y después calentar la unidad de ATT 50. En la disposición mostrada en la Fig. 1, la abertura de salida conduce al interior del almacén con aislamiento térmico 40. La abertura de salida puede conducir directamente al interior del almacén con aislamiento térmico 40, como se muestra en la Fig. 1, o puede conducir a una vía de paso aislada, que después conduce al interior del almacén con aislamiento térmico 40. La vía de paso aislada puede ser de cualquier sección transversal, tal como una sección transversal cuadrada o una sección transversal circular.

En la disposición mostrada en las Figs. 1 y 3, la fuente de calor 51 es un quemador y se encuentra fuera de la cámara con aislamiento térmico 15. Un conducto, que penetra en la cámara con aislamiento térmico 15 conecta el quemador 51 a la cámara con aislamiento térmico 15 con el fin de proporcionar aire calentado en la cámara con aislamiento térmico 15. La cámara con aislamiento térmico 15 está sellada alrededor del conducto en la disposición de las Figs. 1 y 3.

Las Figs. 1 y 2 muestran una disposición en la que el recinto de gas (recinto calentado) 17 incluye una carcasa troncocónica 41, pero se apreciará que se contemplan otros recintos calentados 17 en los que el gas sigue una trayectoria helicoidal. Se prefiere que el recinto calentado 17 esté posicionado en la trayectoria del aire calentado desde el quemador 51. Por lo tanto, el recinto calentado 17 está posicionado en una de las ubicaciones más calientes dentro del sistema de ATT, de este modo mejorando la oportunidad de descomponer cualquier partícula residual en la mezcla gaseosa dentro del recinto de gas 17.

En algunos aspectos, el sistema de calentamiento 52 comprende una pluralidad de unidades de calentamiento. Preferentemente, las unidades de calentamiento están espaciadas a lo largo de la longitud de la unidad de ATT. Las unidades de calentamiento pueden estar a diferentes temperaturas. En la realización preferida, la unidad de calentamiento más cercana a la materia prima de la tolva de entrada 1 es la más caliente. Dado que la materia prima es más fría en la entrada en la retorta 50, la retorta 50 estará más fría cerca de la tolva de entrada de materia prima 1. Por consiguiente, es ventajoso localizar la unidad de calentamiento más caliente próxima al extremo de la tolva de entrada de materia prima de la retorta 50 con el fin de reducir al mínimo cualquier gradiente de temperatura potencial a lo largo de la longitud de la retorta 50.

Cuando un sistema de calentamiento 52 comprende una pluralidad de unidades de calentamiento, la mezcla gaseosa puede salir del recinto calentado ubicado dentro de una primera unidad de calentamiento, y dirigirse a un recinto calentado situado dentro de una segunda unidad de calentamiento, y así sucesivamente.

La cantidad de partículas residuales (aceites, alquitranes y PAH) dentro de la mezcla gaseosa se reducirá en cada recinto de gas 17, al menos debido al tiempo de permanencia adicional. Además, cuando se proporcionan múltiples unidades de calentamiento, los recintos de gas 17 pueden estar a diferentes temperaturas, permitiendo el control del

craqueo de hidrocarburos dentro de los recintos gaseosos.

- 5 Como se muestra en la Fig. 7, la mezcla gaseosa entra primero en un recinto de gas 17 dentro de una primera unidad de calentamiento situada lo más alejado del extremo de entrada de materia prima de la unidad de ATT 50, antes de dirigirse a otro recinto de gas 17 dentro de una segunda unidad de calentamiento situada más cerca del extremo de entrada de materia prima de la unidad de ATT 50. Por último, la mezcla gaseosa se dirige hacia el recinto de gas dentro de la tercera unidad de calentamiento más cercana al extremo de entrada de materia prima de la unidad de ATT 50. El recinto de gas 17 en cada una de la primera a la tercera unidad de calentamiento tiene un tiempo de permanencia de 2 segundos en la realización preferida. Sin embargo, se pueden usar otros recintos de gas que tienen diferentes tiempos de permanencia.
- 10 La temperatura de los recintos de gas (recintos calentados) 17 dentro de las dos primeras unidades de calentamiento es de entre 1100 °C y 1300 °C. La temperatura del recinto de gas (recinto calentado) 17 dentro de la tercera unidad de calentamiento (la más cercana al extremo de entrada de materia prima de la unidad de ATT) es de entre 1300 °C y 1600 °C. Considerando la temperatura, el recinto calentado dentro de la tercera unidad de calentamiento está fabricado con titanio o una aleación de titanio, mientras que los recintos calentados dentro de la primera y la segunda
- 15 unidad de calentamiento pueden ser de un tipo de material más económico tal como níquel o una aleación de níquel.

Otros aspectos, realizaciones y modificaciones

- En las realizaciones anteriores, se ha descrito una retorta rotativa cilíndrica. Sin embargo, en otras realizaciones, se pueden adoptar diferentes formas. Por ejemplo, no se requiere que la sección transversal sea constante a lo largo de toda la longitud de la retorta, se puede ensanchar o estrechar hacia abajo.
- 20 Del mismo modo, si bien una sección transversal circular es conveniente para la fabricación, se pueden usar secciones transversales no circulares; una sección transversal elíptica aumenta el tiempo de permanencia en algunas partes de la retorta, lo que puede ser útil en algunos casos. Se pueden usar muchas otras secciones transversales, si bien las esquinas agudas pueden tender a atrapar material. La rotación empleada igualmente se puede proporcionar mediante el uso de engranajes elípticos u otros medios para variar la velocidad de rotación dentro de cada rotación, con el fin
- 25 de controlar el tiempo de permanencia en los diferentes sectores de la retorta.
- Si bien se ha descrito la rotación unidireccional o bidireccional, es posible girar la retorta menos de un giro completo antes de invertirla, en otras palabras, aplicar una oscilación rotacional. En este caso, no se requiere que la retorta sea cerrada, sino que puede ser una superficie cóncava, por ejemplo, semicircular.
- 30 Una persona experta en la técnica entenderá que se pueden usar diversos tipos de fuente de calor y combustibles, además de los descritos con anterioridad.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de pirólisis que comprende:
 - una unidad de pirólisis (50) que tiene una región de pirólisis y un pasaje de salida de gas;
 - un primer recinto de gas (17) acoplado al pasaje de salida de gas de manera tal que la mezcla gaseosa se pueda dirigir desde la unidad de pirólisis (50) al primer recinto de gas (17);
 - un sistema de calentamiento adaptado para calentar el primer recinto de gas (17) a temperatura suficiente para que la mezcla gaseosa se someta a un procedimiento de pirólisis, en el que el primer recinto de gas (17) está adaptado para provocar que la mezcla gaseosa siga una trayectoria helicoidal o espiral del gas en el mismo.
2. Un aparato de la reivindicación 1, en el que el primer recinto de gas (17) incluye una carcasa troncocónica (41) que tiene una tubería de entrada de gas (44) conectada al mismo, estando la tubería de entrada (44) inclinada en un radio del primer recinto de gas (17).
3. Un aparato de la reivindicación 2, en el que el primer recinto de gas (17) incluye una porción de extensión (46) que tiene paredes paralelas, o sustancialmente paralelas, que se extienden desde una circunferencia más ancha de la carcasa troncocónica (41).
4. Un aparato de la reivindicación 2 o la reivindicación 3, en el que la carcasa troncocónica tiene un extremo de menor diámetro posicionado debajo de un extremo de mayor diámetro.
5. Un aparato de la reivindicación 1, en el que el primer recinto de gas (17) es un tubo enrollado o un tubo que tiene un inserto de espiral.
6. Un aparato de la reivindicación 1, en el que el sistema de calentamiento está adaptado para calentar la región de pirólisis y/o una superficie exterior del primer recinto de gas (17).
7. Un aparato de cualquier reivindicación precedente, en el que el primer recinto de gas (17) está situado dentro del sistema de calentamiento.
8. Un aparato de cualquier reivindicación precedente, que además comprende un segundo recinto de gas, en el que una trayectoria de gas dentro del segundo recinto calentado es helicoidal o esférica y una salida de gas del primer recinto de gas está conectada a una entrada de gas del segundo recinto de gas.
9. Un aparato de cualquier reivindicación precedente, en el que el sistema de calentamiento comprende una cámara con aislamiento térmico y una o más fuentes de calor dispuestas para calentar el interior de la cámara con aislamiento térmico.
10. Un aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el sistema de calentamiento comprende una pluralidad de unidades de calentamiento, en el que cada unidad de calentamiento comprende una cámara con aislamiento térmico y una fuente de calor dispuesta para calentar el interior de la cámara con aislamiento térmico.
11. Un aparato de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10, en el que el primer recinto de gas se encuentra en el interior de la cámara con aislamiento térmico, y preferentemente en el que la cámara con aislamiento térmico tiene una abertura de salida a través de una pared, y el recinto de gas está posicionado entre la fuente de calor y la abertura de salida.
12. Un procedimiento de craqueo de hidrocarburos que comprende:
 - pirolizar una materia prima en una unidad de pirólisis (50) para crear una mezcla gaseosa que contiene hidrocarburos;
 - dirigir la mezcla gaseosa desde la unidad de pirólisis hasta un recinto de gas;
 - pirolizar la mezcla gaseosa que viajándose está desplazando alrededor de un eje del recinto de gas, en el que la mezcla gaseosa sigue una trayectoria en espiral o helicoidal alrededor de dicho eje.
13. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, que además comprende usar un solo sistema de calentamiento para pirolizar la materia prima y calentar dicha mezcla gaseosa.
14. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 12 a 13, en el que el sistema de calentamiento comprende:
 - una cámara con aislamiento térmico y una o más fuentes de calor dispuestas para calentar el interior de la cámara con aislamiento térmico; o una pluralidad de unidades de calentamiento, en el que cada unidad de calentamiento comprende una cámara con aislamiento térmico y una fuente de calor dispuesta para calentar el interior de la cámara con aislamiento térmico.
15. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, en el que el recinto de gas se encuentra en el interior de la cámara con aislamiento térmico, y preferentemente en el que la cámara con aislamiento térmico tiene una

abertura de salida a través de una pared, y el recinto de gas está posicionado entre la fuente de calor y la abertura de salida.

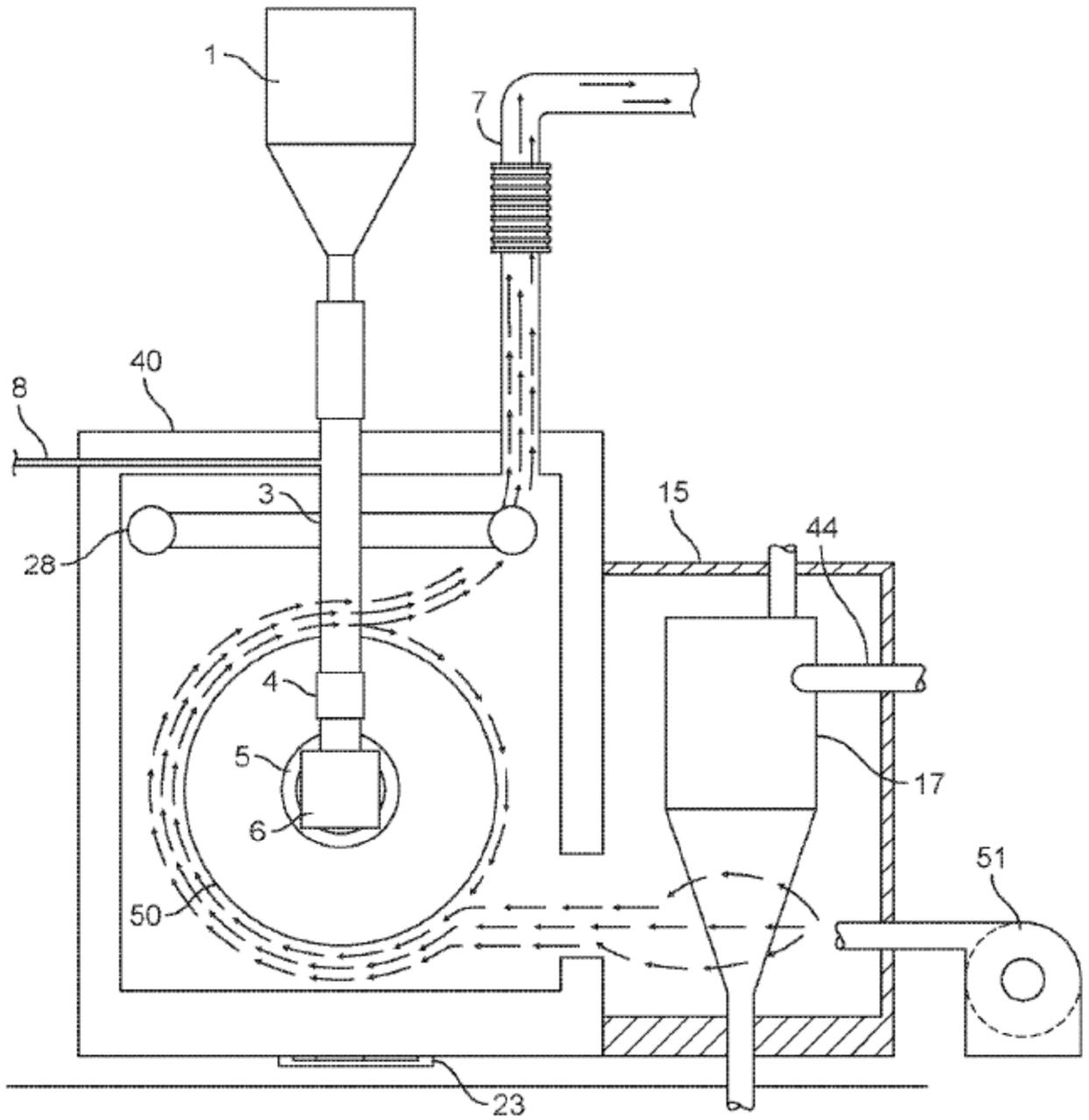


FIG. 1

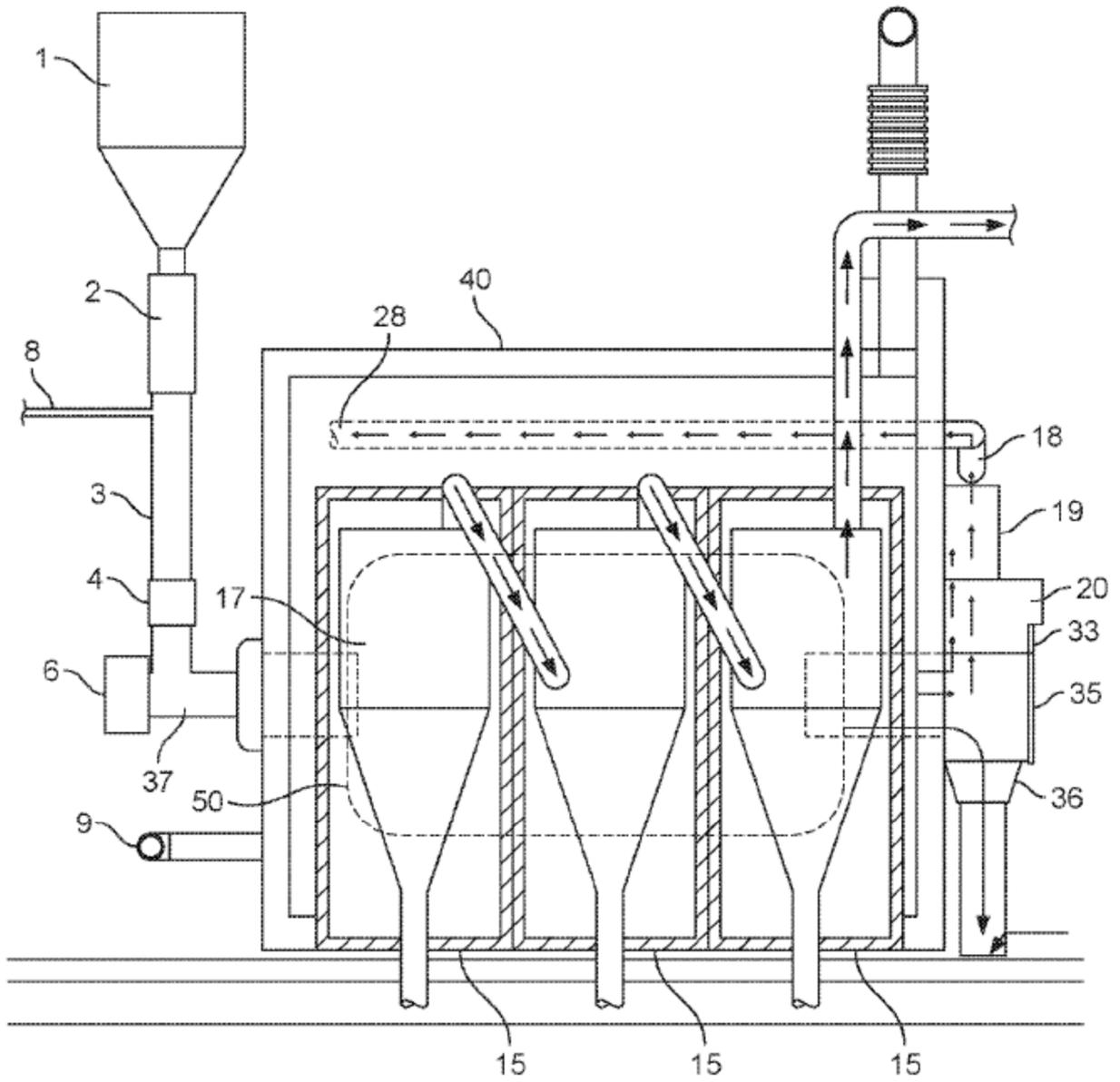


FIG. 2

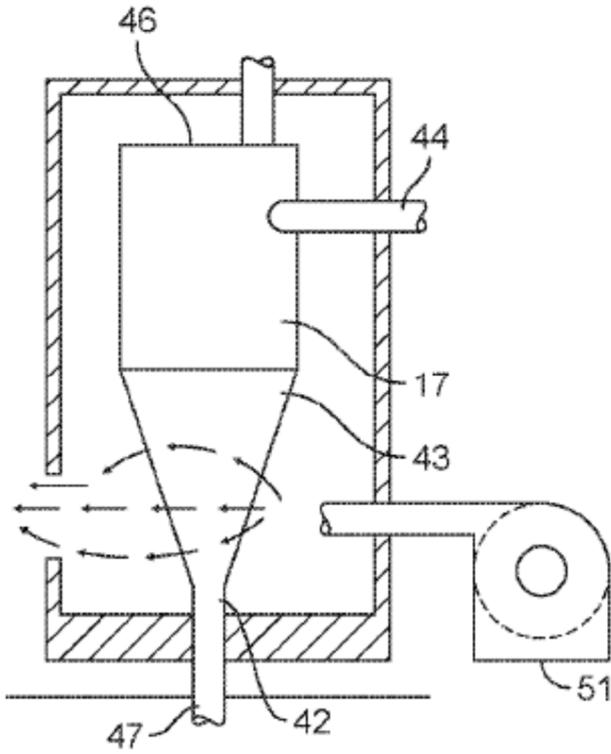


FIG. 3

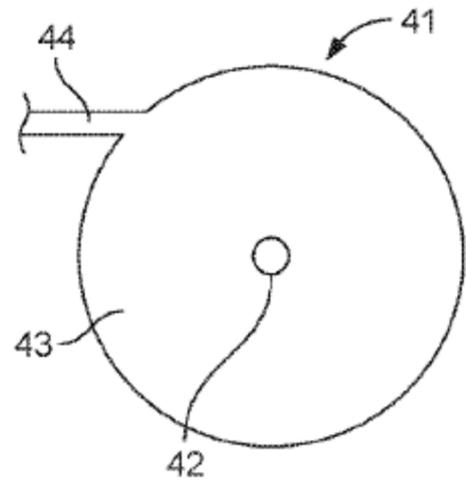


FIG. 4A

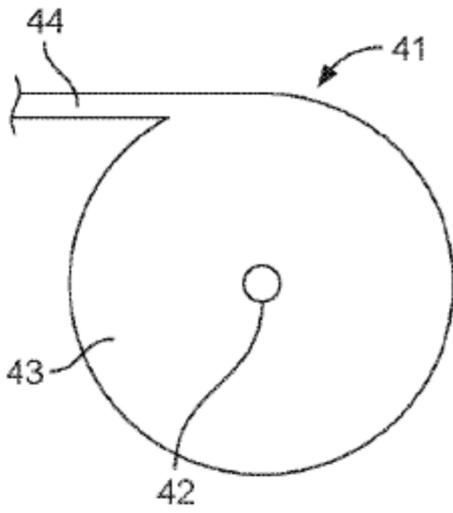


FIG. 4B

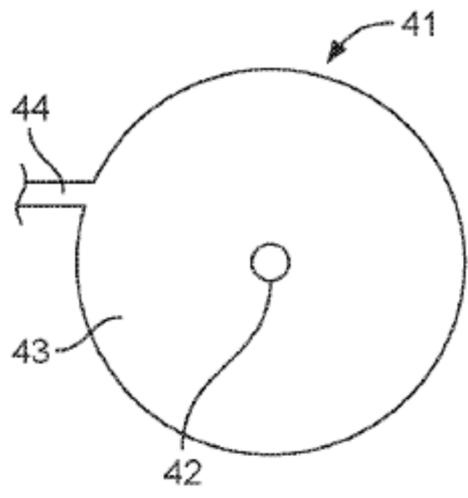


FIG. 4C

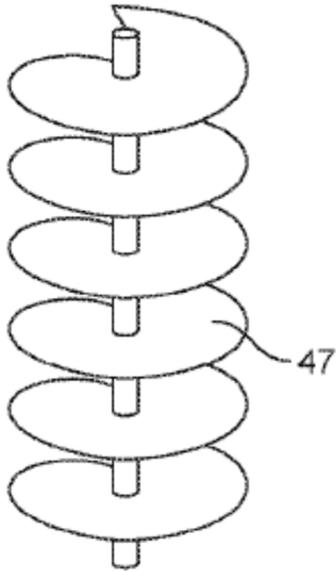


FIG. 5A

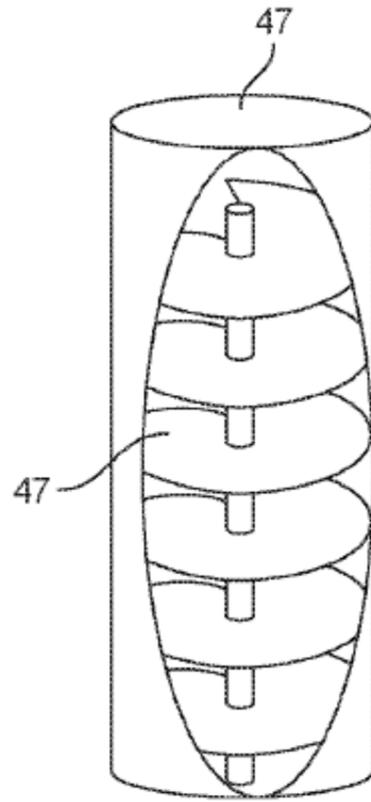


FIG. 5B

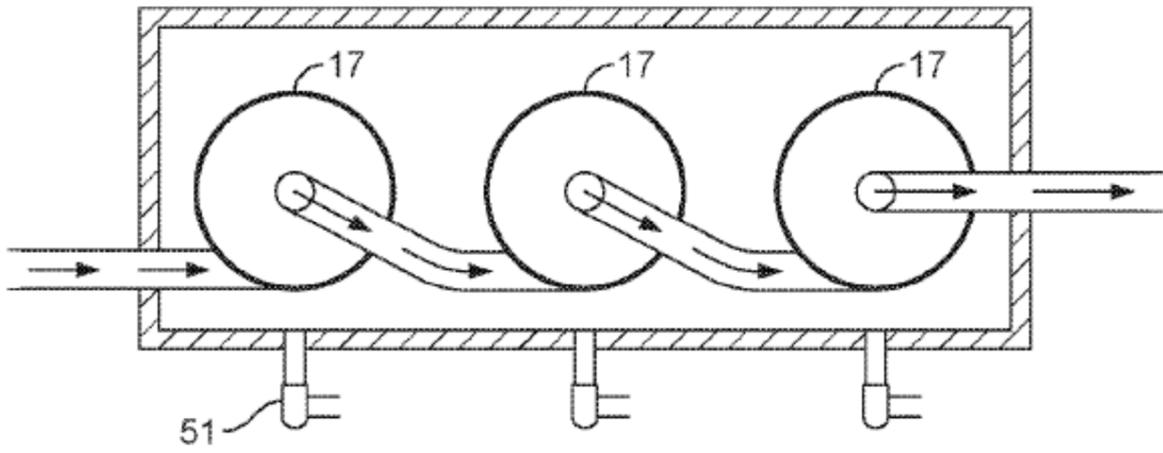


FIG. 6A

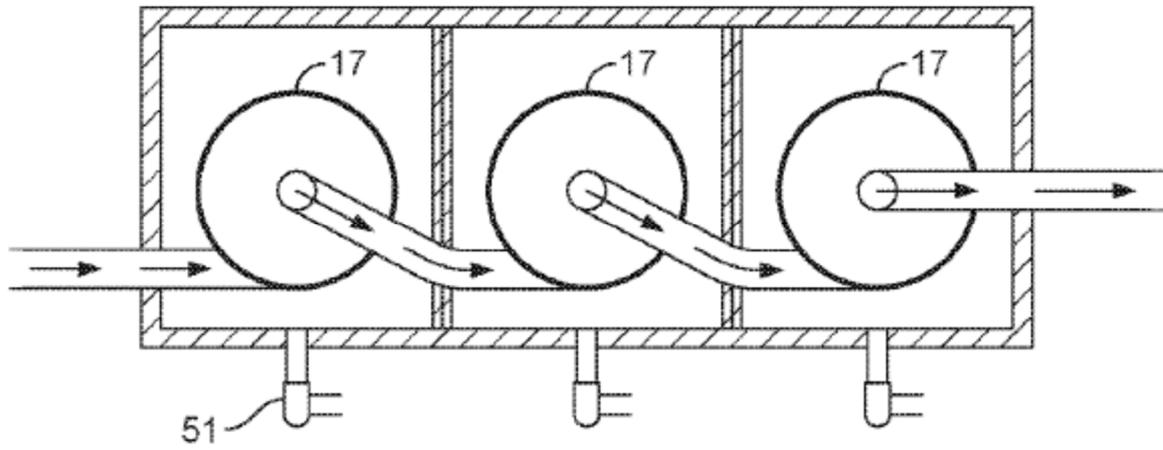


FIG. 6B

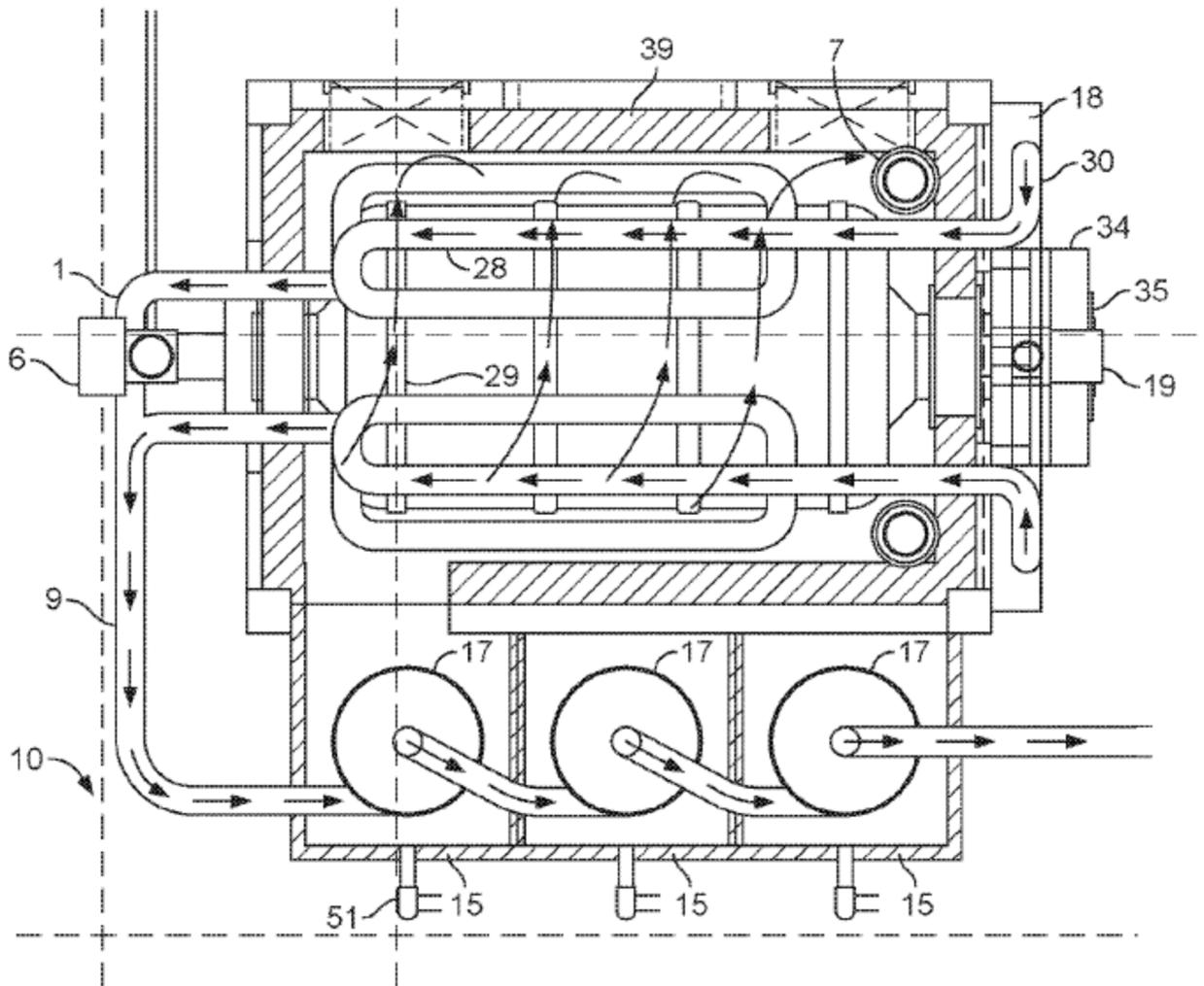


FIG. 7

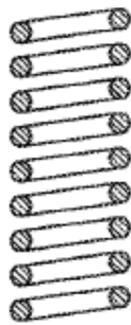


FIG. 8