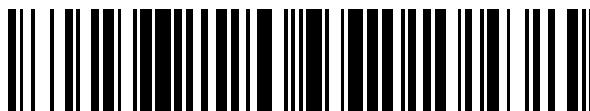


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 762 959**

51 Int. Cl.:

B01D 3/22 (2006.01)

B01D 3/06 (2006.01)

C10G 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.06.2016** **E 16020246 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019** **EP 3260181**

54 Título: **Procedimiento para la conversión de plásticos en combustible**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.05.2020

73 Titular/es:

SUEZ GROUPE (100.0%)
Tour CB21, 16 place de l'Iris
92040 Paris la Défense Cedex, FR

72 Inventor/es:

POSMYK, ANDRZEJ;
GRAY, JAMES y
HALL, JONATHAN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 762 959 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la conversión de plásticos en combustible

5 La presente invención se refiere a procedimientos para convertir materiales plásticos, en particular materiales plásticos de desecho, en hidrocarburos líquidos, particularmente combustibles diésel.

10 La pirólisis (o termólisis) es un procedimiento conocido mediante el cual el material plástico se convierte en hidrocarburos líquidos por craqueo térmico a una temperatura entre 400 y 480 °C en ausencia de oxígeno o aire en un reactor discontinuo.

15 Las materias primas plásticas pueden ser residuos plásticos poliméricos puros, residuos plásticos mixtos, incluyendo la posible suciedad por material de etiquetas adhesivas, contenidos residuales, entre otros. Es bien conocido que los residuos plásticos que provienen de la basura usualmente contienen alrededor del 70% en peso de poliolefinas, tales como polietileno y polipropileno, aproximadamente el 15% de los polímeros de estireno, aproximadamente el 10% de cloruro de polivinilo y el 5% de otros plásticos que pueden ser poliuretano, poliéster, poliamida, entre otros. Se implementan varias etapas de limpieza y clasificación aguas arriba de los procedimientos de conversión térmica para obtener una materia prima que consiste principalmente en poliolefinas, con una pequeña cantidad de poliestireno y el menor contenido posible de PVC.

20 La materia prima de plástico se mezcla y se funde previamente a una temperatura de alrededor de 300 a 350 °C, usualmente por medio de un tornillo de extrusión equipado con un sistema de calentamiento, y posiblemente un sistema de purga de gas inerte (como nitrógeno).

25 Posteriormente, la mezcla pre-fundida se transporta a la cámara de pirólisis que se llena bajo purga de gas inerte para asegurar la eliminación de oxígeno. El procedimiento de pirólisis es un procedimiento semi-discontinuo, y la alimentación de la cámara de pirólisis se detiene cuando la cantidad deseada está presente en la cámara de pirólisis. Luego, la mezcla se calienta hasta una temperatura usualmente entre 300 y 900 °C, mientras se agita, y se convierte en una fase gaseosa que se extrae continuamente de la cámara de pirólisis. El carbón sintético (denominado 'char') también se forma como un subproducto en la cámara de pirólisis. Una vez que se completa la pirólisis de material plástico, es necesario esperar hasta que se enfríe el carbón sintético hasta que se pueda extraer y retirar de la cámara de pirólisis, de modo que la cámara se pueda usar nuevamente para lotes posteriores.

35 La mezcla gaseosa a la salida de la cámara de pirólisis contiene usualmente una mezcla de compuestos de hidrocarburos que comprende de 1 a 30 o incluso más átomos de carbono. Para obtener una mezcla de hidrocarburos que sea adecuada para su uso como combustible, usualmente combustible diésel, es necesario aplicar algunos tratamientos posteriores al producto bruto obtenido después de la etapa de pirólisis.

40 Por un lado, el punto de destilación instantánea de la mezcla debe aumentarse eliminando las fracciones más ligeras y, por otro lado, también deben eliminarse las fracciones más pesadas para reducir el punto de ebullición final de la mezcla, de acuerdo con las especificaciones de productos de combustible.

45 El documento de patente EP 1 577 366 divulga un procedimiento para la conversión termocatalítica de materiales plásticos de desecho en combustibles reutilizables, especialmente combustible diésel, que comprende una etapa de pirólisis de los materiales plásticos, en el que los gases de salida de la cámara de pirólisis se alimentan directamente a un convertidor catalítico en el que la estructura molecular de los gases se altera en estructura y forma, y luego transfiere los gases resultantes a uno o más condensadores para destilar y enfriar gases en varias fracciones.

50 La transferencia directa de gases de salida desde la cámara de pirólisis hasta la conversión catalítica, con productos pesados y carbones sintéticos que puedan ser arrastrados por los gases de salida, puede causar ensuciamiento de los catalizadores.

55 El documento de patente US 20090321317 divulga un procedimiento para procesar una mezcla de plásticos y fluidos orgánicos tales como petróleo crudo, aceite de cocina, grasas o similares en el que la mezcla se funde. Se eliminan las impurezas y los materiales no fundidos, y la fusión líquida se transfiere a un reactor de craqueo térmico para la conversión de compuestos poliméricos en una fase gaseosa. La fase gaseosa puede transferirse a una columna de destilación en contraflujo, que es una columna compacta que contiene material de carga de metal para aumentar la superficie de reacción, y opcionalmente un condensador parcial, en el que se condensa el hidrocarburo de cadena larga (que contiene más de 24 átomos de carbono) de vuelta al reactor de craqueo, mientras que la mezcla gaseosa de compuestos que comprende de 1 a 22 átomos de carbono se condensa en un enfriador que consiste en una torre de enfriamiento.

65 Este procedimiento puede tener varios inconvenientes cuando se implementa a escala industrial. En primer lugar, la eliminación y descarga de las impurezas no fundidas extraería grandes cantidades de materiales y disminuiría

el rendimiento del procedimiento, y requeriría de una tecnología específica. En segundo lugar, no se menciona la formación de carbones sintéticos, y el procedimiento no tiene en cuenta el problema de los sólidos arrastrados que pasan por la cámara de pirólisis y ensucian el equipo aguas abajo, en particular la columna de destilación en contraflujo empacada, lo que causaría un tiempo de inactividad importante.

5 El documento de patente US 5 738 025 divulga un procedimiento para el craqueo térmico de plásticos de desecho en el que la mezcla premezclada de plásticos de desecho se alimenta a un reactor de pirólisis en el que se calienta hasta una temperatura entre 350 y 450 °C para convertirse en productos vaporosos, que se introducen en una columna de destilación fraccionada atmosférica y un condensador para separar los compuestos volátiles de los productos de alto punto de ebullición. Los compuestos volátiles se envían a un incinerador y un depurador, mientras que parte de los productos del fondo se envían de regreso al reactor de craqueo, y la otra parte se alimenta a un convertidor catalítico para producir el fraccionamiento y reordenamiento deseados de los hidrocarburos. Los productos resultantes se envían a un tanque receptor en el que los productos ligeros se separan de los hidrocarburos líquidos.

15 Este procedimiento se compone de dos etapas de craqueo distintas, que incluyen un craqueo catalítico, que es bastante complejo y genera costos adicionales. El problema del arrastre del carbón sintético debajo de la pirólisis, y especialmente en el convertidor catalítico, no está considerado. El condensador aguas abajo de la columna de destilación fraccionada no es un condensador parcial. Es probable que todo el carbón sintético arrastrado por los gases de pirólisis esté presente en los productos de destilación del fondo enviados al convertidor catalítico, lo que provoca la contaminación del catalizador.

20 El documento de patente WO2011077419 divulga un procedimiento para tratar residuos plásticos para proporcionar productos combustibles, en el que los materiales plásticos se funden y luego se pirolizan en una atmósfera libre de oxígeno para proporcionar gases de pirólisis. Los gases de pirólisis se dirigen a un contactor equipado con placas inclinadas hacia abajo y rodeadas por una camisa de enfriamiento, para permitir que el vapor de hidrocarburos compuesto fluya hacia arriba y que el vapor condensado pesado de cadena larga fluya de regreso a la cámara de pirólisis para una mayor degradación térmica. Los gases que salen del contactor se alimentan a una columna de destilación atmosférica para una primera etapa de separación de los compuestos más ligeros. Se requiere una segunda etapa de destilación para una mayor eliminación de los compuestos más ligeros y pesados.

25 En este procedimiento, la camisa de enfriamiento de aire que rodea el contactor no proporciona un enfriamiento suficientemente eficiente. Además, el diseño de los elementos de las placas inclinadas hacia abajo no promueve suficiente turbulencia en el contactor. Por consiguiente, el contactor puede permitir que los compuestos de cadena larga y los carbones sintéticos se retengan con gas de pirólisis, causando así una incrustación en la columna de destilación atmosférica, especialmente en los elementos de empaque de la columna. Además, la presencia de compuestos de cadena larga en la alimentación de la columna de destilación provoca un aumento en el punto de ebullición final de los hidrocarburos líquidos finales, que no puede corregirse por completo mediante la posterior etapa de destilación al vacío a menos que se implemente el reciclaje de los productos pesados (ceras) de la destilación atmosférica a la pirólisis, causando incrustaciones de cera, acumulación de cera en la cámara de pirólisis y el consiguiente problema de control de temperatura en dicha etapa de pirólisis.

35 El documento de patente US 6 172 271 divulga un aparato para el craqueo térmico de una materia prima de materiales plásticos que comprende un dispositivo de mezcla y fusión, una cámara de pirólisis, una columna de reflujo conectada a la salida de gas de la cámara de pirólisis en la que la cámara de reflujo comprende una bandeja y un condensador parcial en su extremidad superior.

40 El documento de patente WO 79/00625 divulga un aparato para el craqueo térmico de una materia prima de materiales plásticos (neumáticos usados) que comprende un dispositivo de mezcla y fusión, una cámara de pirólisis, una columna de reflujo conectada a la salida de gas de la cámara de pirólisis en la que la cámara de reflujo comprende un condensador parcial en su extremidad superior.

45 Por lo tanto, existe la necesidad de procedimientos de conversión térmica de plásticos que puedan procesar materias primas de residuos mezclados, con problemas de incrustación limitados, para poder implementarse a escala industrial, con problemas de mantenimiento limitados.

50 Sorprendentemente, los presentes inventores han encontrado que los hidrocarburos líquidos adecuados para su uso como combustible diésel podrían obtenerse a partir del procedimiento de pirólisis de residuos plásticos mezclados de una manera simple, colocando una columna de reflujo de bandejas a la salida de la cámara de pirólisis. Los gases que salen del condensador parcial de la columna de reflujo pueden condensarse adicionalmente y enviarse a una etapa de destilación instantánea. El producto final es una mezcla líquida de hidrocarburos utilizable como combustible, en particular combustible diésel.

60 Dicho procedimiento evita el uso de etapas de conversión catalítica y otras etapas de destilación realizadas en columnas empacadas. Los problemas de ensuciamiento debido al arrastre de carbones sintéticos debajo de la

cámara de pirólisis se reducen y los tiempos de inactividad son limitados. El procedimiento de acuerdo con la invención ha reducido la complejidad, así como los costos de inversión y operación.

Descripción de la invención

5 La presente invención está relacionada con un procedimiento para el craqueo térmico de una materia prima de materiales plásticos, en particular materiales de desecho, que comprende las etapas de fundir la materia prima, transportar materia prima fundida en una cámara de pirólisis (2) en la que dicha materia prima fundida se calienta en un entorno sustancialmente purgado de oxígeno, para convertirlo en gases de pirólisis, dicho procedimiento además comprende las etapas de:

- impulsar gases de pirólisis desde la cámara de pirólisis (2) hasta una columna de reflujo de bandejas que comprende un condensador parcial (3a) en su extremidad superior y bandejas de válvulas (16) que comprenden válvulas cubiertas con tapas (23),
- 15 • devolver los gases de pirólisis condensados en la columna de reflujo de bandejas a la cámara de pirólisis (2),
- destilar gases de pirólisis (4) que salen del condensador parcial de la columna de reflujo, para proporcionar uno o más productos combustibles.

20 Un entorno sustancialmente purgado de oxígeno significa atmósfera inerte, lo que significa que la cámara de pirólisis se purga con un gas inerte, preferentemente nitrógeno. Usualmente, el contenido de oxígeno de la atmósfera gaseosa de la cámara de pirólisis contendría menos del 1,5%, o preferentemente menos del 0,5% en peso de oxígeno.

25 Los gases de pirólisis se extraen continuamente de la cámara de pirólisis para mantener una presión entre 250 y 300 milibares, usualmente alrededor de 270 milibares en la cámara de pirólisis y se alimentan directamente a la columna de reflujo de bandejas.

30 La destilación de gases de pirólisis permite la separación entre gases no condensables, hidrocarburos ligeros e hidrocarburos pesados. Los gases no condensables son usualmente hidrógeno, monóxido de carbono y dióxido de carbono, metano, etano y, más generalmente, hidrocarburos que tienen entre 1 y 4 átomos de carbono. Los hidrocarburos ligeros son usualmente hidrocarburos que tienen un punto de ebullición por debajo de 150 °C bajo presión atmosférica o que comprenden menos de 9 átomos de carbono, mientras que los hidrocarburos pesados significan hidrocarburos que tienen un punto de ebullición entre 140 °C o 150 °C y 380 °C, bajo presión atmosférica o que comprende entre 9 y 25 átomos de carbono.

35 Usualmente, los productos pesados obtenidos de la destilación de gases de pirólisis (4) son adecuados para su uso en mezclas diésel.

40 La columna de reflujo de bandejas de acuerdo con la invención es una columna equipada con bandejas de flujo cruzado que están diseñadas para garantizar un contacto óptimo entre el vapor ascendente y el líquido que fluye hacia abajo, e incluso la distribución de calor en la sección transversal de la columna, maximizando así el calor/masa eficiencia de transferencia y composición adecuada de los gases de pirólisis que salen del condensador parcial colocado en su extremidad superior. El condensador parcial se coloca de manera que los productos condensados fluyan directamente por la columna de reflujo por gravedad.

45 Las bandejas de la columna de reflujo pueden ser bandejas de acero inoxidable. Las bandejas están diseñadas para flujo cruzado de vapor líquido. Por lo general, son bandejas horizontales con una superficie cercana a la sección transversal interna de la columna de reflujo.

50 Preferentemente, cada bandeja está provista de una tubería de descenso (17) para permitir que el líquido pase por las etapas. Para promover un buen lavado del carbón sintético arrastrado, y así evitar el ensuciamiento de la columna y el procedimiento aguas abajo, es importante que todas las bandejas se alimenten adecuadamente con líquido. Las tuberías de descenso aseguran la retención adecuada de líquido en las bandejas.

55 En el procedimiento de acuerdo con la invención, el buen contacto entre el vapor y el líquido no solo permite que los hidrocarburos de cadena más larga se condensen eficientemente y se envíen de vuelta a la cámara de pirólisis, sino que también asegura que el vapor que sale de la columna de reflujo esté sustancialmente libre de partículas de carbón sintético arrastrado, reduciendo así el ensuciamiento de los dispositivos aguas abajo.

60 Usualmente, la columna de reflujo del procedimiento de acuerdo con la invención comprende un mínimo de 3 de tales bandejas.

65 Un condensador parcial es un intercambiador de calor que condensará parte de los productos de la cabeza desde la columna de reflujo en la que se envían de regreso y dejará que parte de los productos de la cabeza salga en forma de vapor. El condensador parcial (3a) en la parte superior de la columna de reflujo condensa los

5 hidrocarburos de cadena más larga que se envían de regreso a la columna y a la cámara de pirólisis, y permite que los hidrocarburos más ligeros (que normalmente contienen de 1 a 25 átomos de carbono) se envíen a las etapas posteriores del procedimiento. El condensador parcial (3a) se coloca en la extremidad superior de la columna de reflujo, lo que significa que se coloca sobre todas las bandejas de la columna, de manera que los productos condensados fluyan directamente por la columna de reflujo por gravedad. El condensador parcial puede estar dentro de la columna de reflujo o directamente conectado a éste.

10 Usualmente, los gases de pirólisis que ingresan en la columna de reflujo estarían a una temperatura entre 380 °C y 450 °C, y los productos gaseosos de cabeza que salen del condensador parcial estarían a una temperatura entre 250 y 280 °C.

15 Usualmente, en el procedimiento de acuerdo con la invención, el 10% al 30% en peso de los productos de cabeza de la columna de reflujo se condensarán y se enviarán de vuelta a la columna de reflujo, mientras que la parte restante saldrá del condensador parcial en la forma de vapor. Esto se logra mediante una transferencia de calor eficiente desde el condensador parcial y sobre la altura de la columna de reflujo, debido a las bandejas.

20 Esto asegura propiedades óptimas de los productos finales de hidrocarburos, y un control óptimo del arrastre de carbón sintético aguas abajo de la pirólisis, debido al lavado eficiente del carbón sintético por el líquido que fluye hacia abajo.

25 La columna de reflujo de bandejas comprende bandejas de válvula (16). Las bandejas de flujo cruzado de la columna de reflujo son bandejas de válvulas, equipadas con una válvula fija antiincrustante (aberturas con tapa en la parte superior) diseñadas para la progresión del vapor hacia arriba a través de las aberturas. Las bandejas de válvulas se seleccionan por su capacidad superior para proporcionar un lavado de carbón sintético eficiente mediante el flujo descendente de líquido.

30 En una realización preferente del procedimiento de acuerdo con la invención, la bandeja superior de la columna de reflujo es una bandeja de chimenea (15). Una bandeja de chimenea es una bandeja diseñada para la distribución de líquido a la parte inferior para la columna. No se produce intercambio de líquido gaseoso en este tipo de bandeja, lo que garantiza que no haya arrastre o arrastre limitado de líquido en los gases de salida de la columna de reflujo. Usualmente, una bandeja de chimenea es una bandeja sin aberturas, excepto una chimenea que comprende tubos horizontales que permiten que el vapor se eleve, con una placa dispuesta sobre su extremidad superior y equipada con una esquina inferior para el flujo descendente de la fase líquida.

35 Preferentemente, en el procedimiento de acuerdo con la invención, la columna de reflujo de bandejas comprende una almohadilla de separación de partículas (14) entre la bandeja superior y el condensador parcial. La retención final de la partícula de carbón sintético más fina se realiza, por lo tanto, a través del separador de partículas, usualmente compuesto de una malla de acero inoxidable, y se coloca sobre la bandeja de chimenea de la columna de reflujo de bandejas. Dicho separador de partículas está idealmente diseñado para ser retirado fácilmente para su limpieza.

45 En una realización preferente del procedimiento de acuerdo con la invención, el condensador parcial de la columna de reflujo es un intercambiador de calor de tubos (13). El intercambiador de calor de tubos proporciona una superficie de enfriamiento óptima, con el fin de lograr la tasa de reflujo deseada para una buena calidad del producto y lavado de carbones sintéticos.

50 En una realización preferente, en el procedimiento de acuerdo con la invención, el condensador parcial de la columna de reflujo está usando agua o aceite mineral como medio de enfriamiento. El agua puede ser agua fría, en el que se puede agregar opcionalmente glicol, ingresando al condensador a una temperatura de aproximadamente 5 °C. Se preferiría el aceite mineral, por ejemplo, el aceite térmico, debido a su mayor punto de ebullición que evita la vaporización dentro de los tubos y los daños posteriores a los tubos. Un ejemplo de dicho aceite térmico es Therminol 66 comercializado por Therminol.

55 En una realización preferente, el procedimiento de acuerdo con la invención comprende la etapa de inyectar agua líquida o hidrocarburos en el fondo de la columna de reflujo.

60 Esta inyección líquida se usa para complementar la capacidad de enfriamiento del condensador parcial. Esto no solo mejorará el enfriamiento, sino que también aglomerará las partículas de carbones sintéticos, que se retendrán más fácilmente en la fase líquida y en el separador de partículas de la columna de reflujo. Se puede inyectar agua líquida, usualmente a una temperatura entre 5 y 20 °C. El agua líquida puede reemplazarse por hidrocarburos líquidos, por ejemplo, hidrocarburos pesados obtenidos después de la destilación de gases de pirólisis en la etapa (c) del procedimiento de acuerdo con la invención. Se prefieren los hidrocarburos líquidos porque tendrán menos expansión que el agua y causarán menos perturbaciones de presión en la columna de reflujo.

65 Dicha inyección líquida puede ser periódica o continua. En el caso de una inyección periódica, puede activarse

cuando la temperatura de los gases de pirólisis que salen del condensador parcial de la columna de reflujo supera un cierto umbral.

5 En una realización, el procedimiento de acuerdo con la invención comprende la etapa de condensar gases de pirólisis (4) que salen del condensador parcial (3a) de la columna de reflujo en un condensador (7a) antes de destilar dichos gases.

10 En una realización preferente del procedimiento de acuerdo con la invención, la destilación de gases que salen del condensador parcial de la columna de reflujo de bandejas es una destilación instantánea.

15 La destilación instantánea es una simple unidad de separación y se refiere a la vaporización parcial de una corriente líquida que experimenta una reducción de presión cuando se distribuye en un recipiente de destilación instantánea o tambor de destilación instantánea. La fase vaporizada se enriquece en compuestos más ligeros, y la fase líquida contiene los compuestos más pesados. Una etapa de destilación instantánea tiene la ventaja de ser un procedimiento muy simple, que se realiza en un recipiente de destilación instantánea (o columna de destilación instantánea) que contiene un mínimo de elementos internos, reduciendo así los riesgos de ensuciamiento, en comparación, por ejemplo, con una columna de destilación empacada que está completamente llena de productos internos.

20 En una realización, la etapa de destilación instantánea del procedimiento de acuerdo con la invención comprende la condensación de la fase de vapor (7b) en la cabeza de la columna de destilación instantánea (7) y la recirculación parcial de hidrocarburos ligeros condensados (10b) en la parte superior de la columna de destilación instantánea. La parte superior de la columna de destilación instantánea significa por la presente ubicada en el sexto superior de la altura de dicha columna, y por encima de cualquier producto potencial interno que esté presente en dicha columna.

25 En una realización, la etapa de destilación instantánea del procedimiento de acuerdo con la invención comprende extraer una fracción de hidrocarburo en una bandeja (7d) colocada en la parte media superior de la columna de destilación instantánea y recircular dicha fracción de hidrocarburo, preferentemente por debajo del nivel de extracción, preferentemente pulverizando dicha fracción de hidrocarburo. Por la parte media superior se entiende por encima de la mitad de la altura de la columna, preferentemente en el tercio superior de la columna.

30 En una realización, la etapa de destilación instantánea del procedimiento de acuerdo con la invención comprende la recirculación parcial de hidrocarburos pesados líquidos (7c) obtenidos en el fondo de la columna de destilación instantánea, en la parte inferior de la columna de destilación instantánea, preferentemente mediante pulverización de dicha fracción pesada. La parte inferior significa que está ubicada en el tercio inferior de la altura de la columna.

Estas etapas de recirculación permiten un mejor control de la temperatura del recipiente de destilación instantánea.

35 La pulverización de hidrocarburos líquidos también ayudará a absorber alquitranes formados y alquitranados, y las partículas de carbones sintéticos arrastradas restantes, y concentrarlos en el sistema de caldera en el fondo de la columna de destilación instantánea, en la que pueden eliminarse más fácilmente.

40 En una realización del procedimiento de acuerdo con la invención, parte de los hidrocarburos líquidos pesados obtenidos en el fondo de la columna de destilación instantánea puede recircularse en la columna de reflujo.

45 La presente invención también está relacionada con un aparato para el craqueo térmico de una materia prima de materiales plásticos, en particular materiales plásticos de desecho, de acuerdo con el procedimiento expuesto anteriormente, y que comprende:

- 50
- un dispositivo de mezcla y fusión (1),
 - una cámara de pirólisis (2),
 - una columna de reflujo conectada a la salida de gas de la cámara de pirólisis (2),

55 en el que la columna de reflujo comprende bandejas de flujo cruzado que comprenden válvulas cubiertas con tapas (23) y un condensador parcial (3a) en su extremidad superior.

60 Las bandejas de flujo cruzado son bandejas diseñadas para asegurar el contacto de gas líquido y la transferencia de calor en la columna. Por lo general, son bandejas horizontales, con un área cercana a la sección transversal de la columna. Los condensadores parciales son como se describieron anteriormente.

65 En una realización preferente del aparato de acuerdo con la invención, las bandejas de flujo cruzado comprenden tuberías de descenso (17). Las tuberías de descenso son tuberías que guían el flujo de líquido desde una bandeja superior a una bandeja inferior, y asegurarán una buena retención de líquido en cada bandeja y, por lo tanto, un buen lavado de cualquier carbón sintético arrastrado con la fase gaseosa. Por lo general, el área en sección

transversal de las tuberías de descenso representa menos del 20% del área de la bandeja.

En el aparato de acuerdo con la invención, las bandejas de flujo cruzado de la columna de reflujo son bandejas de válvulas (16). Las bandejas de flujo cruzado pueden ser, por ejemplo, bandejas de válvulas, bandejas de tamiz, bandejas con tapa de burbuja. Las bandejas de válvulas se seleccionan por su acción antiincrustante superior.

En una realización del aparato de acuerdo con la invención, la bandeja superior de la columna de reflujo es una bandeja de chimenea (15). Una bandeja de chimenea es una bandeja diseñada para la distribución de líquido a la parte inferior de la columna. No se produce intercambio de líquido gaseoso en este tipo de bandeja, lo que garantiza que no haya arrastre o arrastre limitado de líquido en los gases de salida de la columna de reflujo. Usualmente, una bandeja de chimenea es una bandeja sin aberturas, excepto una chimenea que comprende tubos horizontales que permiten que el vapor se eleve, con una placa dispuesta sobre su extremidad superior y equipada con una tubería de salida para el flujo descendente de la fase líquida.

En una realización del aparato de acuerdo con la invención, una almohadilla de separación de partículas (14), preferentemente una almohadilla de separación de partículas desmontable, se encuentra en la parte superior de la columna de reflujo de bandejas, debajo del condensador parcial. La retención final de la última partícula de carbón sintético se puede hacer a través de un separador de partículas compuesto de malla de acero inoxidable, y se coloca encima de la bandeja de la chimenea de la columna de reflujo. Dicho separador de partículas está idealmente diseñado para quitarse fácilmente para su limpieza.

En una realización del aparato de acuerdo con la invención, el condensador parcial (3a) de la columna de reflujo es un intercambiador de calor de tubos. Dicho intercambiador de calor utiliza preferentemente agua refrigerada o aceite térmico, más preferentemente aceite térmico, como medio de enfriamiento.

En una realización del aparato de acuerdo con la invención, la columna de reflujo además comprende un sistema de inyección de líquido (19) en el fondo de la columna.

En una realización preferente, el aparato de acuerdo con la invención comprende una columna de destilación instantánea (7) aguas abajo del condensador parcial de la columna de reflujo de bandejas.

En una realización preferente, el aparato de acuerdo con la invención comprende un condensador (7a) colocado entre el condensador parcial (3a) de la columna de reflujo de bandejas y la columna de destilación instantánea (7).

En una realización del aparato de acuerdo con la invención, la columna de destilación instantánea (7) comprende un condensador (10a) y un tambor de reflujo (10) en su extremidad superior, y un circuito de recirculación para recircular hidrocarburos ligeros condensados (10b) del tambor de reflujo en la parte superior de la columna de destilación instantánea.

En una realización del aparato de acuerdo con la invención, la columna de destilación instantánea comprende una bandeja (7d) para extraer la fracción de hidrocarburo líquido en la parte media superior de la columna de destilación instantánea, estando dicha bandeja conectada a un circuito de recirculación para recirculación dicha fracción de hidrocarburo en la columna de destilación instantánea, preferentemente por debajo del nivel de extracción, estando dicho circuito de recirculación equipado preferentemente con boquillas de pulverización (7e) para pulverizar el líquido en la columna de destilación instantánea.

En una realización del aparato de acuerdo con la invención, la columna de destilación instantánea comprende un circuito de recirculación para hidrocarburos pesados líquidos (7c) obtenidos en el fondo de la columna de destilación instantánea, dicho circuito de recirculación está equipado preferentemente con boquillas de pulverización (7e) para pulverizar el líquido en la columna de destilación instantánea.

La pulverización de líquidos recirculados asegurará la disolución del alquitrán y la concentración de dicho alquitrán en los productos del fondo de la columna de destilación instantánea. De esta manera, el alquitrán no causará incrustaciones en el recipiente de destilación instantánea ni en ningún elemento aguas abajo, y puede eliminarse más fácilmente en los productos del fondo donde se concentra. La inyección de aditivos de aglomeración de alquitrán, ya sea en la alimentación líquida de la columna de destilación instantánea o en el tanque de producto inferior (9) (tanque de diésel), puede ayudar a una mayor separación y eliminación del alquitrán.

Descripción de los dibujos - Ejemplo

La invención se ilustrará adicionalmente a partir de la siguiente descripción de algunas realizaciones, que se proporciona a modo de ejemplo a los dibujos, en los que:

La Figura 1 representa un diagrama de procedimiento para el craqueo térmico de plásticos de acuerdo con la invención.

La Figura 2 representa una columna de reflujo de bandejas de acuerdo con la invención.

La Figura 3 es una vista detallada de una válvula en una bandeja de válvula de la columna de reflujo, y los efectos sobre el vapor/líquido/sólido que fluye a su alrededor.

5 La Figura 4 es un diagrama gráfico de los intervalos de punto de ebullición del producto de combustible obtenidos después de la destilación instantánea en el procedimiento de acuerdo con la invención (curva izquierda), en comparación con los obtenidos con procedimientos de última generación (curva derecha).

La Figura 5 representa una columna de destilación instantánea de acuerdo con la invención.

Números de referencia

- 10
1. Extrusora con alimentación de plástico fundido a 2 reactores
 2. Reactor de pirólisis
 - 3a. Condensador parcial
 - 15 4. Diésel, aceite ligero y vapores de gas de síntesis (gases de pirólisis) a columna de destilación instantánea
 5. Tornillo transportador de carbón sintético
 6. Tornillo de enfriamiento de carbón sintético
 7. Columna de destilación instantánea
 - 7a. Condensador
 - 20 7b. Fase de vapor en la cabeza de la columna de destilación
 - 7c. Hidrocarburos líquidos pesados obtenidos en el fondo de la columna de destilación
 - 7d. Bandeja para extraer hidrocarburos líquidos (bandeja de aceite ligero)
 - 7e. Boquilla de pulverización
 - 7f. Elementos de empaque
 - 25 8. Extracción de diésel
 9. Tanque de diésel
 10. Extracción de aceite ligero - tambor de reflujo
 - 10a. Condensador
 - 10b. Hidrocarburos ligeros condensados
 - 30 11. Tanque de aceite ligero
 12. Gas de síntesis a depuradores/hornos
 13. Condensador parcial (intercambiador de calor de tubos)
 14. Separador de partículas
 15. Bandeja de chimenea
 - 35 16. Bandejas de válvulas
 17. Tubería de descenso
 18. Columna
 19. Inyección de agua/hidrocarburos líquidos
 20. Flujo de vapor hacia arriba a través de la válvula
 - 40 21. Flujo de líquido horizontalmente a través de bandejas
 22. Flujo de sólidos de carbones sintéticos hacia abajo debido a los remolinos en el flujo de vapor
 23. Válvula fija con tapa
 24. Bandeja
 25. Vapor elevándose hacia arriba golpeando la parte inferior de la tapa - causando remolinos en el flujo
 - 45 26. Flujo de sólidos de carbones sintéticos del lavado de vapor

El material plástico de desecho, que contiene principalmente poliolefinas, usualmente entre 70% a 90% (porcentaje en peso) de polietileno de baja densidad (LDPE) de 5 a 10% de polipropileno (PP), con cantidades menores (usualmente menos del 5% para cada uno) de polímeros de estireno, cloruro de polivinilo y pequeñas cantidades

50 de otros plásticos que pueden ser poliuretano, poliéster, poliamida, se limpian en seco y se procesan en forma granular o en escamas. Luego se calienta en una extrusora (1) a una temperatura de alrededor de 300 °C, y el plástico fundido se alimenta a la cámara de pirólisis (2). Esto se realiza bajo purga de nitrógeno, asegurando que no ingrese oxígeno al sistema. El plástico fundido se mantiene a una temperatura entre 300 °C y 400 °C hasta que la cámara de pirólisis se alimenta por completo.

55 En la cámara de pirólisis (2), el material plástico se calienta a una temperatura entre 380 °C y 450 °C en un sistema de purga de nitrógeno bajo agitación, y esta temperatura se mantiene durante la pirólisis. El material plástico fundido se agrieta térmicamente en gases de pirólisis y la formación de carbón sintético se produce simultáneamente en la cámara de pirólisis.

60 Una instalación industrial que implementa el procedimiento de acuerdo con la invención contendrá usualmente al menos dos cámaras de pirólisis (2), ya que el procedimiento es un procedimiento semi-discontinuo. Como una cámara de pirólisis está activa, la extracción y la cocción del carbón sintético tienen lugar en la otra.

65 A medida que se completa la pirólisis del plástico fundido, aumenta la carga en el agitador, lo que muestra que se

está secando el carbón sintético y que se está terminando el lote. Entonces puede tener lugar un ciclo de cocción del carbón sintético, con un mayor calentamiento del carbón sintético por encima de 450 °C, para completar el secado y eliminar los gases restantes.

- 5 Por razones de seguridad, el carbón sintético seco debe enfriarse y retirarse de la cámara de pirólisis en un entorno hermético a los gases. Por ejemplo, el carbón sintético puede transportarse desde la cámara de pirólisis a una unidad de transportador de tornillo (5) a través de válvulas herméticas, dicho transportador de tornillo puede enfriarse opcionalmente con una camisa de enfriamiento externa (6).
- 10 Mientras la reacción de pirólisis está en curso, los gases de pirólisis se extraen continuamente de la cámara de pirólisis a medida que se elevan a través de la columna de reflujo de bandejas y el condensador parcial (3a). La presión en la cámara de pirólisis se mantiene alrededor de 270 milibares controlando la válvula de salida de los gases de pirólisis, conectando la cámara de pirólisis (2) a la columna de reflujo de bandejas.
- 15 Parte de los gases de pirólisis se condensan en el condensador parcial (3a), que es, por ejemplo, un intercambiador de calor de tubos que usa agua fría a aproximadamente 5 °C como medio de enfriamiento. Estos gases condensados vuelven a caer en la columna de reflujo de bandejas, primero a través de una bandeja de chimenea (15) diseñada para distribuir este producto líquido condensado a las otras bandejas de la columna que son bandejas de válvula (16)). La transferencia de líquido desde una bandeja de válvula a la bandeja de válvula a continuación se realiza a través de tuberías de descenso (17). Las bandejas de válvulas están diseñadas para garantizar un buen contacto y transferencia de calor entre el líquido condensado que cae y los gases de pirólisis ascendentes, de modo que los componentes de hidrocarburos de cadena más larga se envíen de manera eficiente al fondo de la columna de reflujo, y luego a la cámara de pirólisis para un craqueo adicional.
- 20
- 25 Las bandejas son usualmente bandejas de acero inoxidable, en las que se han proporcionado válvulas o aberturas cubiertas con tapas (23). Estos son muy efectivos no solo para la transferencia de gas líquido, sino también para el lavado de partículas de carbón sintético arrastradas por los gases por el líquido que fluye hacia abajo. El vapor que se eleva por debajo de la bandeja golpeó la parte inferior de la tapa (23), haciendo que los remolinos (25) en flujo y carbón sintético permanezcan en dicha parte inferior de la tapa, en la que serán lavados por el líquido que fluye horizontalmente (21) a través de la bandeja y hacia abajo (22). La presencia de tuberías de descenso (17) que aseguran una buena retención de líquidos en las bandejas también mejora la eficiencia del lavado de carbón sintético.
- 30
- 35 La retención final de la última partícula de carbón sintético se realiza a través de un separador de partículas (14) compuesto de malla de acero inoxidable, y se coloca encima de la bandeja de la chimenea de la columna de reflujo. Dicho separador de partículas está idealmente diseñado para ser retirado fácilmente para su limpieza.
- Los gases de pirólisis (4) que salen del condensador parcial (3a) tienen una temperatura entre 260 y 280 °C. Para complementar la capacidad de enfriamiento del condensador parcial, se puede inyectar algo de agua líquida, usualmente a una temperatura entre 5 y 20 °C, en el fondo de la columna de reflujo (19). Esto no solo mejorará el enfriamiento, sino que también aglomerará las partículas de carbón sintético, que se retendrán más fácilmente en la fase líquida y en el separador de partículas de la columna de reflujo. Si se usa agua, se puede separar y recuperar en el fondo del tambor de reflujo (10) de la columna de destilación instantánea. El agua líquida puede reemplazarse por hidrocarburos líquidos, por ejemplo, hidrocarburos pesados obtenidos después de la destilación de gases de pirólisis que salen del condensador parcial. Se prefieren los hidrocarburos líquidos porque tendrán menos expansión en la columna de reflujo y causarán menos perturbaciones de presión en la columna de reflujo.
- 40
- 45
- Dicha inyección líquida puede ser periódica o continua. En el caso de una inyección periódica, puede activarse cuando la temperatura de los gases de pirólisis (4) que salen del condensador parcial de la columna de reflujo excede un cierto umbral.
- 50
- Los gases (4) que salen del condensador parcial a una temperatura entre 260 y 280 °C, se enfrían a una temperatura alrededor de entre 130 °C y 150 °C, la condensación y el enfriamiento de los gases de pirólisis (4) pueden ocurrir naturalmente en el sistema de tuberías de la instalación. Preferentemente, esto se lleva a cabo en un condensador 7a.
- 55 El líquido resultante, o más exactamente una mezcla líquida gaseosa saturada, que contiene hidrocarburos que comprenden alrededor de 1 a 25 átomos de carbono, se alimenta luego a una columna de destilación instantánea (7) en la que las fracciones ligeras se vaporizan y la fracción más pesada permanece líquida.
- 60 Se proporciona un tambor de reflujo (10) en la cabeza de los recipientes de destilación instantánea. El gas de síntesis o gases no condensables (12) del tambor de reflujo se envían a los depuradores y hornos. La parte líquida (10b) es aceite ligero y agua, especialmente si la inyección de agua líquida (19) ha ocurrido en el procedimiento.
- 65 Se recuperan fracciones pesadas (gasóleo) en el fondo del recipiente de destilación instantánea en un tanque de diésel (9). Se puede implementar una etapa de separación adicional en dicho aceite diésel, por ejemplo, separación

sólida, separación de alquitrán, y opcionalmente una etapa de destilación al vacío para eliminar la fracción más ligera y corregir el punto de destilación instantánea.

5 La columna de destilación instantánea es una columna con pocos elementos internos, en la que la mezcla de gas líquido saturado alimentada después de la condensación en el condensador (7a) sufre reducción de presión. La columna de destilación instantánea se opera usualmente a una presión cercana a la presión atmosférica. Contiene muy pocos elementos internos, lo que reduce los riesgos de incrustaciones. Comenzando desde la parte superior, la columna de destilación instantánea puede contener un dispositivo de recirculación para hidrocarburos líquidos desde el tambor de reflujo (10), una bandeja de distribución de líquido para dicho líquido recirculado, una capa mínima de elementos de empaque para ayudar a prevenir el arrastre de líquido, una bandeja de aceite liviana para la extracción de hidrocarburos líquidos colocados en el medio, preferentemente en el tercio superior de la columna, y conectados a un circuito de recirculación para dicho líquido, preferentemente por debajo del nivel de extracción, dicha recirculación está equipada con una boquilla de pulverización para pulverizar líquido recirculado y, en la parte inferior, y un circuito de recirculación para hidrocarburos pesados obtenido en el fondo de la columna, equipado también con una boquilla de pulverización para pulverizar hidrocarburos pesados recirculados.

Dicha recirculación y pulverización ayuda a controlar la temperatura de la columna y también concentra alquitrán en la parte inferior de la columna.

20 Dada la eficacia de la columna de reflujo de bandejas en términos de reflujo de hidrocarburos de cadena larga a la pirólisis, una etapa de destilación instantánea simple proporciona hidrocarburos adecuados para su uso en mezclas de combustible como, por ejemplo, mezclas de diésel para fracciones pesadas, o para su uso como producto químico materia prima o aceite de calefacción. Esto tiene la ventaja de reducir los riesgos de ensuciamiento por residuos carbonosos y alquitrán, ya que los recipientes instantáneos son recipientes vacíos que no contienen componentes internos o al menos muy pocos.

30 La Figura 4 compara las propiedades de los productos obtenidos después de la etapa de destilación instantánea del procedimiento de acuerdo con la invención con los productos obtenidos después de la destilación atmosférica compleja, en procedimientos que usan un contactor como se describe en la solicitud de patente N.º WO2011077419 en lugar de una columna de reflujo de bandejas de acuerdo con la invención. Se puede apreciar que el procedimiento de acuerdo con la invención proporciona hidrocarburos con un punto de ebullición del extremo inferior y una distribución de puntos de ebullición más favorable (curva izquierda).

35 Los compuestos más ligeros pueden eliminarse adicionalmente, por ejemplo, enviando dichos productos a una etapa de destilación al vacío.

40 Además, dada la eficacia de la columna de reflujo de bandejas en términos de lavado de carbones sintéticos, el procedimiento de acuerdo con la invención puede ejecutarse con un mínimo de interrupción para la limpieza y el mantenimiento. Se han corrido hasta 100 lotes consecutivos sin dicha interrupción, en comparación con alrededor de 30 con procedimientos de última generación, en los que la instalación tuvo que ser detenida para eliminar los elementos internos de la columna de destilación, que estaban llenos de carbón sintético.

45 La disponibilidad de la instalación industrial, que usualmente trata alrededor de 4000 toneladas de plástico por año, se ha mejorado con el uso de una columna de reflujo de bandejas, en comparación con los contactores o sistemas de reflujo del estado de la técnica, debido a la bandeja diseño que repele las partículas de carbón sintético en el reactor de pirólisis debido al lavado del flujo de vapor.

50 El rendimiento de carbón sintético por lote (calculado como la relación entre kilogramos de carbón sintético obtenido después de la pirólisis y kilogramos de plástico alimentado en la cámara de pirólisis) en la pirólisis aumentó de 5% en promedio a un promedio de 10%, lo que indica una mayor retención de carbones sintéticos.

REIVINDICACIONES

5

1. Procedimiento para el craqueo térmico de una materia prima de materiales plásticos, en particular materiales de desecho, que comprende las etapas de fundir la materia prima, transportar la materia prima fundida en una cámara de pirólisis (2), en la que dicha materia prima fundida se calienta en un entorno sustancialmente purgado de oxígeno para convertirla en gases de pirólisis, comprendiendo además dicho procedimiento las etapas de:

10

15

- impulsar gases de pirólisis desde la cámara de pirólisis (2) hasta una columna de reflujo de bandejas que comprende un condensador parcial (3a) en su extremidad superior y bandejas de válvulas (16) que comprenden válvulas cubiertas con tapas (23),
- devolver los gases de pirólisis condensados en la columna de reflujo de bandejas a la cámara de pirólisis (2),
- destilar gases de pirólisis (4) que salen del condensador parcial de la columna de reflujo de bandejas, para proporcionar uno o más productos de combustible.

20

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la columna de reflujo comprende una almohadilla de separación de partículas (14) entre la bandeja superior y el condensador parcial.

25

3. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el condensador parcial de la columna de reflujo es un intercambiador de calor de tubos (13).

30

4. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende la etapa de inyectar agua líquida o hidrocarburos líquidos en el fondo de la columna de reflujo de bandejas.

35

5. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende la etapa de condensar gases de pirólisis (4) que salen del condensador parcial (3a) de la columna de reflujo en un condensador (7a) antes de destilar dichos gases.

40

6. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la destilación de los gases de pirólisis que salen del condensador parcial se realiza por destilación instantánea.

7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la etapa de destilación instantánea comprende la condensación de la fase de vapor (7b) en la cabeza de la columna de destilación instantánea (7) y la recirculación parcial de hidrocarburos ligeros condensados (10b) en la parte superior de la columna de destilación instantánea.

45

8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en el que la etapa de destilación instantánea comprende extraer una fracción de hidrocarburo en una bandeja (7d) colocada en la parte media superior de la columna de destilación instantánea y recircular dicha fracción de hidrocarburo en la columna de destilación instantánea, preferentemente debajo del nivel de extracción, preferentemente pulverizando dicha fracción de hidrocarburo.

50

9. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 6 a 8, en el que la etapa de destilación instantánea comprende la recirculación parcial de hidrocarburos pesados líquidos (7c) obtenidos en el fondo de la columna de destilación instantánea en el fondo de la columna de destilación instantánea, preferentemente pulverizando dicha fracción pesada.

55

10. Un aparato para el craqueo térmico de una materia prima de materiales plásticos, en particular materiales plásticos de desecho, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende:

- un dispositivo de mezcla y fusión (1),
- una cámara de pirólisis (2),
- una columna de reflujo conectada a la salida de gas de la cámara de pirólisis (2),

60

en el que la columna de reflujo comprende bandejas de flujo cruzado que comprenden válvulas cubiertas con tapas (23) y un condensador parcial (3a) en su extremidad superior.

65

11. Aparato de acuerdo con la reivindicación 10, en el que las bandejas de flujo cruzado comprenden tuberías de descenso (17).

12. Aparato de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, en el que la bandeja superior de la columna de reflujo es una bandeja de chimenea (15).
- 5 13. Aparato de acuerdo con las reivindicaciones 10 a 12, en el que el condensador parcial (3a) de la columna de reflujo es un intercambiador de calor de tubos (13).
14. Aparato de acuerdo con las reivindicaciones 10 a 13, en el que la columna de reflujo además comprende un sistema de inyección de líquido (19) en el fondo de la columna.
- 10 15. Aparato de acuerdo con las reivindicaciones 10 a 14, que comprende una columna de destilación instantánea (7) aguas abajo del condensador parcial de la columna de reflujo de bandejas.
- 15 16. Aparato de acuerdo con las reivindicaciones 10 a 15 que comprende un condensador (7a) colocado entre el condensador parcial (3a) de la columna de reflujo de bandejas y la columna de destilación instantánea (7).
17. Aparato de acuerdo con las reivindicaciones 10 a 16, en el que la columna de destilación instantánea (7) comprende un condensador (10a) y un tambor de reflujo (10) en su extremidad superior, y un circuito de recirculación para recircular hidrocarburos ligeros condensados (10b) del tambor de reflujo en la parte superior de la columna de destilación instantánea.
- 20 18. Aparato de acuerdo con las reivindicaciones 10 a 17, en el que la columna de destilación instantánea comprende una bandeja (7d) para extraer la fracción de hidrocarburo líquido en la parte media superior de la columna de destilación instantánea, estando conectada dicha bandeja a un circuito de recirculación para recircular dicha fracción de hidrocarburo en la columna de destilación instantánea, preferentemente por debajo del nivel de extracción, estando equipado dicho circuito de recirculación preferentemente con una boquilla de pulverización (7e) para pulverizar el líquido en la columna de destilación instantánea.
- 25 19. Aparato de acuerdo con las reivindicaciones 10 a 18, en el que la columna de destilación instantánea comprende un circuito de recirculación para hidrocarburos pesados líquidos (7c) obtenidos en el fondo de la columna de destilación instantánea, estando equipado dicho circuito de recirculación preferentemente con boquillas de pulverización (7e) para pulverizar el líquido en la columna de destilación instantánea.
- 30

35

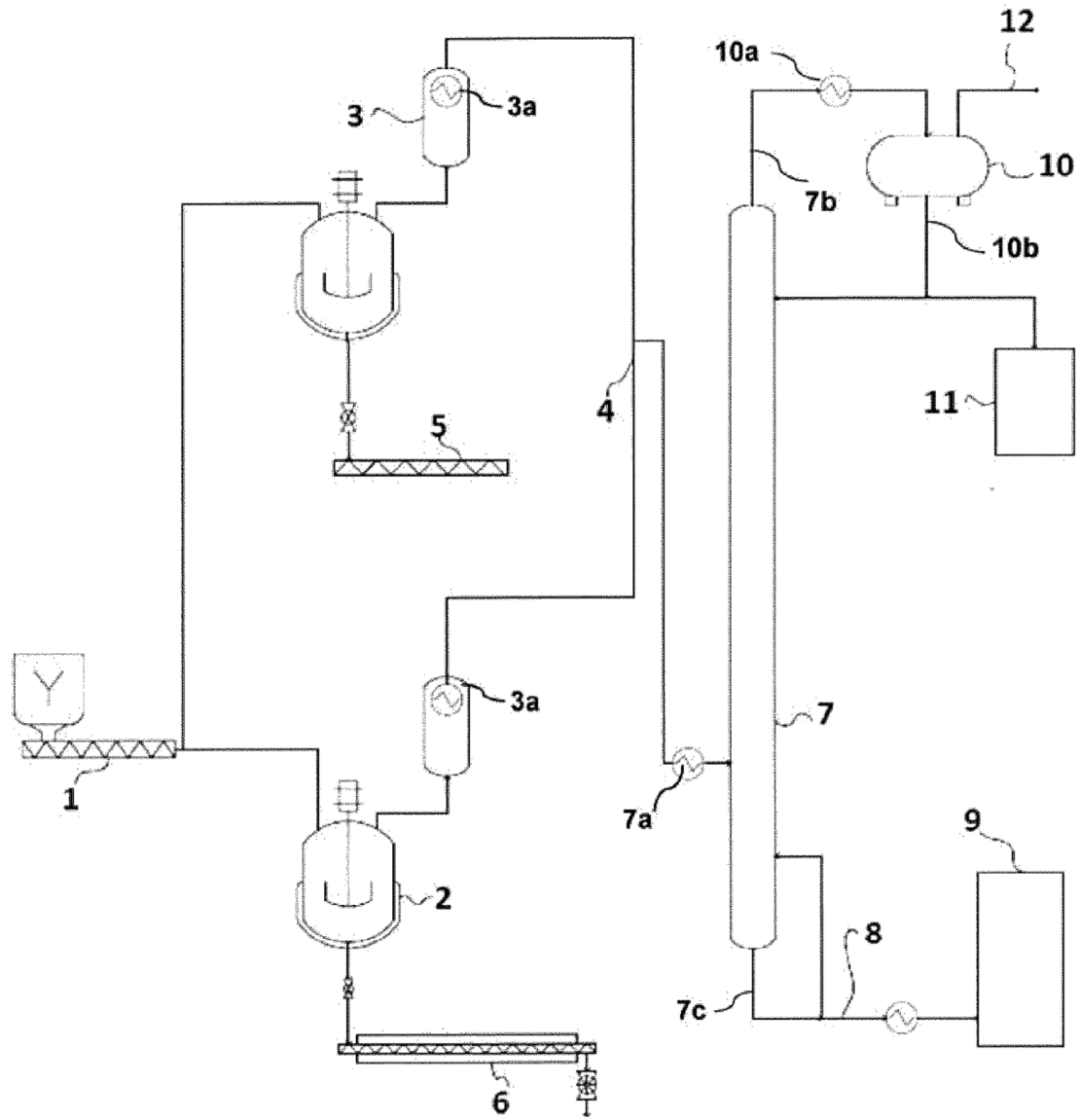


FIG 1

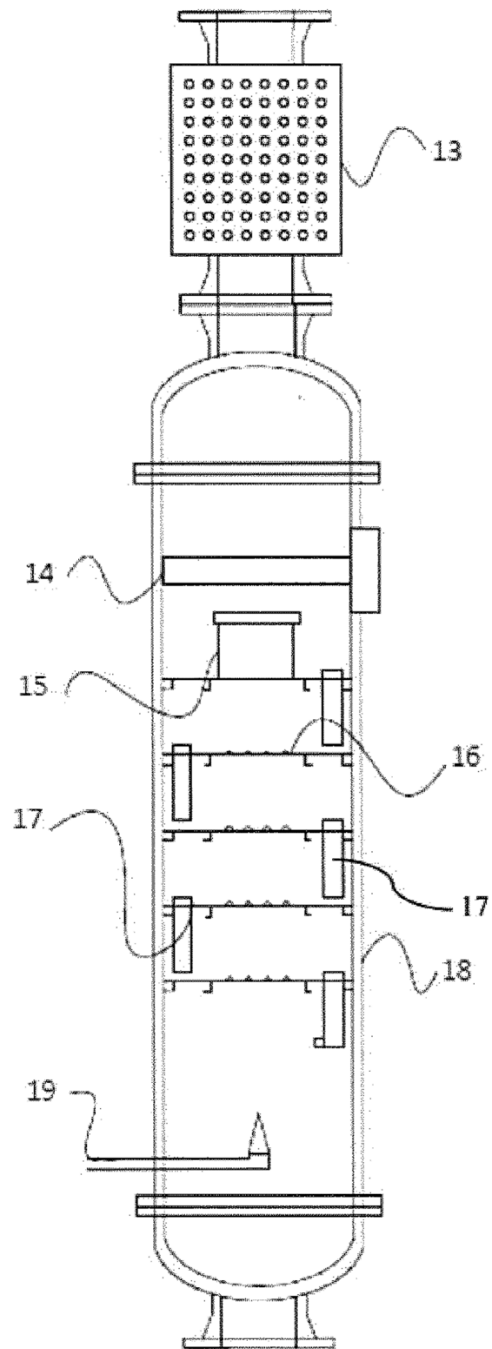


FIG 2

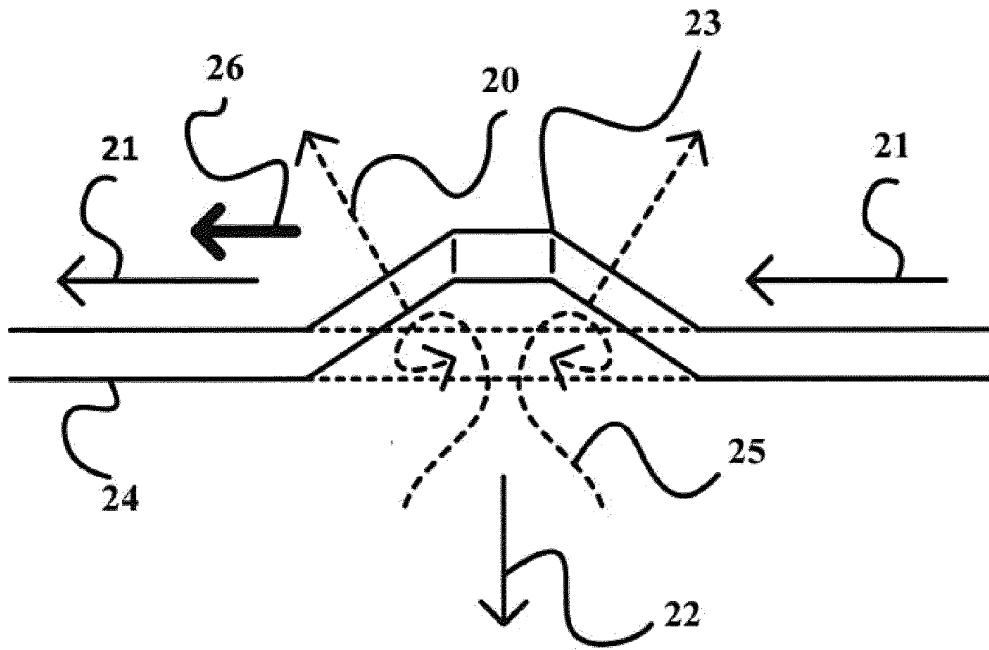


FIG 3

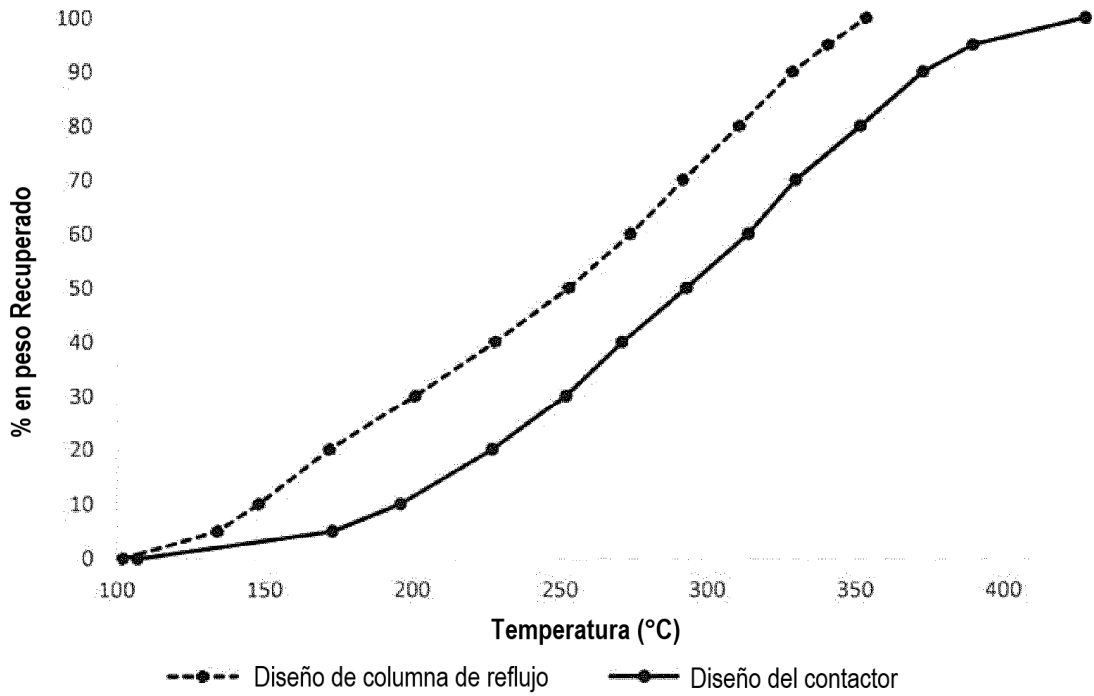


FIG 4

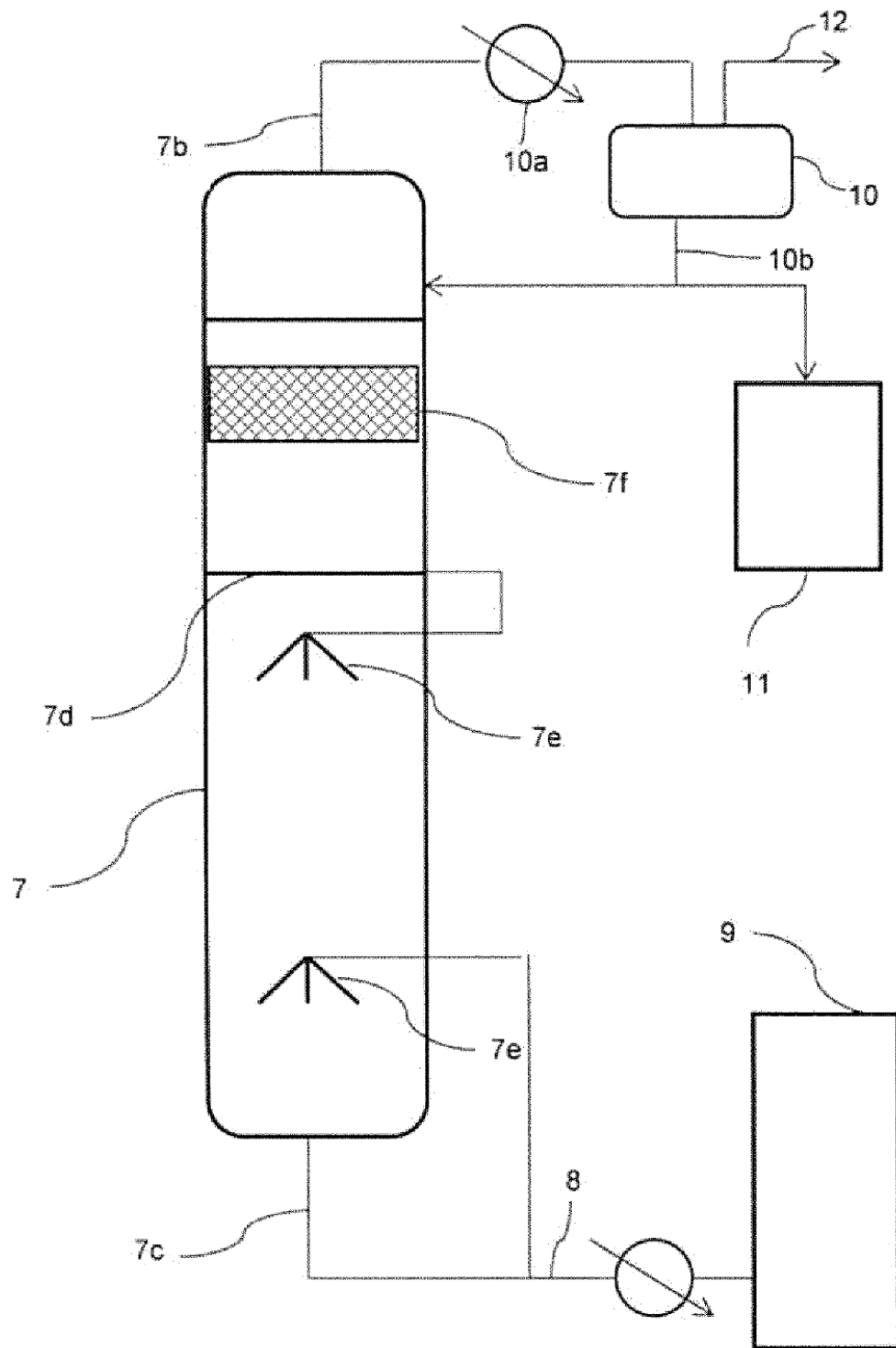


FIG 5