

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 719 611**

51 Int. Cl.:

**C10J 3/46** (2006.01)  
**C10J 3/66** (2006.01)  
**C10J 3/72** (2006.01)  
**C10J 3/48** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.12.2015 PCT/EP2015/078876**  
87 Fecha y número de publicación internacional: **16.06.2016 WO16091828**  
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2015 E 15805203 (5)**  
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.01.2019 EP 3230413**

54 Título: **Reactor para producir un gas producto a partir de un combustible**

30 Prioridad:

**11.12.2014 NL 2013957**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.07.2019**

73 Titular/es:

**MILENA-OLGA JOINT INNOVATION ASSETS B.V.  
(100.0%)  
Scheldeweg 10  
3144 ES Maassluis, NL**

72 Inventor/es:

**VREUGDENHIL, BEREND JOOST y  
VAN DER DRIFT, ABRAHAM**

74 Agente/Representante:

**TOMAS GIL, Tesifonte Enrique**

ES 2 719 611 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**

Reactor para producir un gas producto a partir de un combustible

**5 Campo de la invención**

[0001] La presente invención se refiere a un método para producir un gas producto a partir de un combustible, que comprende la introducción del combustible en una cámara de pirólisis y la ejecución de un proceso de pirólisis para obtener un gas producto, y la recirculación de partes del combustible que sale de la cámara de pirólisis a una cámara de combustión.

**Estado de la técnica**

[0002] La publicación de patente internacional WO2014/070001 divulga un reactor para producir un gas producto a partir de un combustible con un alojamiento con una parte de combustión que aloja un lecho fluidizado en funcionamiento, un elevador que se extiende a lo largo de una dirección longitudinal del reactor, y un tubo de descenso posicionado coaxialmente alrededor del elevador y que se extiende en el lecho fluidizado. Se disponen uno o más canales de suministro para proporcionar el combustible al elevador.

**20 Resumen de la invención**

[0003] La presente invención busca proporcionar un método mejorado para el procesamiento combustibles, tales como biomasa, residuos o carbón.

[0004] Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método según la reivindicación 1, que comprende, en la cámara de combustión, ejecutar un proceso de gasificación en un lecho fluidizado usando un fluido de proceso primario, seguido de un proceso de combustión en un área sobre el lecho fluidizado usando un fluido de proceso secundario. Los fluidos de proceso primario y secundario son, por ejemplo, aire que comprende oxígeno. Mediante la creación de un proceso de pirólisis, un proceso de gasificación y un proceso de combustión por separado, se pueden obtener varios beneficios, que incluyen una operación más eficiente y una mayor capacidad para adaptarse a un combustible específico.

**Breve descripción de los dibujos**

[0005] La presente invención se discutirá con más detalle a continuación, utilizando varias formas de realización ejemplares, con referencia a los dibujos anexos, donde

la fig. 1 muestra una vista esquemática de un reactor de la técnica anterior para la producción de un gas producto a partir de un combustible;

la fig. 2 muestra una vista esquemática de un reactor adecuado para el método de una forma de realización de la presente invención; y

la fig. 3 muestra una vista esquemática de un reactor adecuado para el método de una forma de realización de la presente invención

**45 Descripción detallada de formas de realización ejemplares**

[0006] Un dispositivo para producir un gas producto a partir de un combustible, tal como biomasa, se conoce en el estado de la técnica, véase, por ejemplo, la publicación de patente internacional WO2014/070001 del mismo solicitante que la presente solicitud. El combustible (por ejemplo biomasa, residuos o carbón [de baja calidad]) se suministra a un elevador en un reactor y, por ejemplo, comprende un 80 % en peso de componentes volátiles y un 20 % en peso de carbono o carbón vegetal sustancialmente sólido. El calentamiento de dicho combustible suministrado al elevador a una temperatura adecuada en un entorno bajo en oxígeno, es decir una cantidad subestequiométrica de oxígeno, o libre de oxígeno, produce una gasificación o pirólisis en el elevador. Dicha temperatura adecuada en el elevador es normalmente superior a 800 °C, por ejemplo de entre 850-900 °C.

[0007] La pirólisis de los componentes volátiles provoca la creación de un gas producto. El gas producto es, por ejemplo, una mezcla gaseosa que comprende CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y opcionalmente hidrocarburos más altos. Después de un tratamiento adicional, dicho gas producto combustible es adecuado para ser usado como un combustible para varias aplicaciones. Debido a la baja velocidad de gasificación, el carbón vegetal presente en la biomasa se gasificará en el elevador únicamente hasta cierto punto. Por lo tanto, el carbón vegetal se combustiona en una zona separada (parte de combustión) del reactor.

[0008] En la fig. 1 se muestra esquemáticamente una vista en sección transversal de un reactor de la técnica anterior 1. El reactor 1 forma un gasificador indirecto o alotérmico que combina pirólisis/gasificación para los componentes volátiles y combustión para el carbón vegetal. Como resultado de la gasificación indirecta, un

combustible como biomasa, residuos o carbón se convierte en un gas producto que, como producto final o producto intermedio, es conveniente como combustible en, por ejemplo, calderas, motores de gas y turbinas de gas, y como aporte para procesos químicos o materia prima química adicionales.

5 [0009] Tal y como se muestra en la vista esquemática de la fig. 1, un reactor de la técnica anterior 1 de este tipo comprende un alojamiento delimitado por una pared externa 2. En la parte superior del reactor 1 se dispone una salida de gas producto 10. El reactor 1 comprende además un elevador 3, por ejemplo en forma de un tubo  
10 posicionado centralmente, que forma un canal elevador en su interior. Una o más entradas de combustible 4 comunican con el elevador 3 para transportar el combustible para el reactor 1 al elevador 3. En el caso de que el combustible sea biomasa, la una o más entradas de combustible 4 se pueden equipar con tornillos de Arquímedes para transportar el combustible hacia el elevador 3 de una manera controlada. El proceso que se produce en el elevador 3 (que, en la forma de realización de la técnica anterior es el proceso de pirólisis que tiene lugar en la cámara de pirólisis 6) se controla usando en el fondo una entrada de fluido de primer proceso 5, por ejemplo para introducir vapor. En la parte superior de la cámara de pirólisis 6 se dispone un canal de retroacción (o en la parte superior del elevador 3) que vuelve a un lecho fluidizado que actúa como una cámara de combustión 8, por ejemplo en forma de un embudo 11 unido a un canal de retorno 12 (posicionado coaxialmente) y una abertura 12a hacia el elevador 3 en el lado inferior de la cámara de combustión 8. El lecho fluidizado de la cámara de combustión 8 se mantiene "fluido" usando una entrada de fluido de proceso primario 7, por ejemplo, usando aire. El espacio en el reactor 1 por debajo del embudo 11 comunica con una salida de gas de escape 9.

[0010] Sin embargo, en el uso real, aunque el reactor 1 sea capaz gasificar combustibles difíciles (que contienen ceniza) tales como hierba y paja, pero también carbones y lignitos altos en ceniza y residuos, se observaron dificultades para controlar las temperaturas en el reactor 1. Para conseguir una gasificación de los combustibles difíciles se debe bajar la temperatura para evitar problemas de aglomeración y corrosión asociados al combustible. Lo que sucede normalmente cuando se reduce la temperatura de gasificación es que la conversión a gas producto se reduce también. Esto produce más carbón vegetal, que termina en la cámara de combustión 8. En el lecho fluido de la cámara de combustión 8, la temperatura aumentará debido a este efecto, lo que es algo indeseado, debido a los dos temas antes mencionados.

30 [0011] En las vistas esquemáticas de la fig. 2 y la fig. 3 se muestra un reactor 1 para producir un gas producto a partir de un combustible, que comprende una cámara de pirólisis 6 conectada a una entrada de combustible 4, una entrada de fluido de primer proceso 5, y una salida de gas producto 10. Se dispone una cámara de combustión 20, 23 delimitada por una pared 2 del reactor 1, la cámara de combustión está conectada a una salida de gas de escape 9, así como a un canal de retroacción 11, 12, 12a que conecta la cámara de pirólisis 6 y la cámara de combustión 20, 23. La cámara de combustión comprende una zona de gasificación 20 que aloja un lecho fluidizado, y una zona de combustión 23 sobre el lecho fluidizado. El reactor 1 comprende además una entrada de fluido de proceso primario 21 que comunica con la zona de gasificación 20, y una entrada de fluido de proceso secundario 22 que comunica con la zona de combustión 23. Así, en los ejemplos de realización de la presente invención, se proporciona un paso adicional en la cámara de combustión, es decir la gasificación, para mejorar su comportamiento operativo. Mediante la creación de una zona de pirólisis 6, una zona de gasificación 20 y una zona de combustión 23 por separado, se pueden conseguir diferentes beneficios.

45 [0012] De esta forma, en un aspecto de la invención, se proporciona un método para producir un gas producto a partir de un combustible, que comprende la introducción del combustible en una cámara de pirólisis 6 y la ejecución de un proceso de pirólisis para obtener un gas producto, la recirculación de partes (sólidas) del combustible que salen de la cámara de pirólisis 6 a una cámara de combustión 20, 23 y, en la cámara de combustión, 20, 23 la ejecución de un proceso de gasificación en un lecho fluidizado 20 usando un fluido de proceso primario, seguido de un proceso de combustión en un área 23 sobre el lecho fluidizado 20 usando un fluido de proceso secundario. Los fluidos de proceso primario y secundario son, por ejemplo, aire que comprende oxígeno.

50 [0013] Para conseguir la separación entre una zona de gasificación en el lecho fluidizado, y una zona de combustión en el espacio del reactor directamente sobre el lecho fluidizado, se puede controlar la estequiometría operando el proceso de gasificación con una relación de equivalencia RE de entre 0,9 y 0,99, por ejemplo de 0,95, donde la relación de equivalencia RE se define como la relación de la cantidad de oxígeno suministrada dividida por la cantidad de oxígeno requerida para una combustión completa del combustible suministrado.

60 [0014] La entrada de fluido de proceso primario 21 se usa ventajosamente para controlar la temperatura en el lecho fluidizado 20, ya que ello permite una dirección externa de los procesos en el interior del reactor 1. La relación de equivalencia se controla, por ejemplo, reduciendo el suministro del fluido de proceso primario, reduciendo el contenido de oxígeno en el fluido de proceso primario, añadiendo un gas inerte al fluido de proceso primario, o añadiendo gases de escape al fluido de proceso primario (por ejemplo de la salida de escape 9 [recirculación]). Dado que todas estas alternativas están fácilmente disponibles, no se requieren, o se requieren muy pocos esfuerzos o costes adicionales para construir y accionar el reactor 1.

65

[0015] La zona de combustión 23 se puede accionar con una relación de equivalencia RE de al menos 1,2, por ejemplo igual a 1,3, para conseguir una combustión tan completa como sea posible en la zona de combustión, por ejemplo del carbón vegetal producido por el proceso de pirólisis.

5 [0016] Las entradas de fluido de proceso primario y secundario 21, 22 están dispuestas por proporcionar aire para un proceso de gasificación y combustión, respectivamente. Esto permite controlar el proceso de gasificación y el proceso de combustión por separado, para conseguir una operación y un control del reactor 1 totales y más eficientes. Para un control eficiente, el reactor puede comprender una unidad de control 24 (como se muestra en los ejemplos de realización de las figuras 2 y 3) conectada a la entrada de fluido de proceso primario 21 para controlar la velocidad y el contenido de oxígeno de un fluido de proceso primario a la zona de gasificación 20. Además, la unidad de control 24 puede estar conectada a las entradas de fluido de proceso secundario 22 para controlar la velocidad y el contenido de oxígeno de un fluido de proceso secundario a la zona de combustión 23. La velocidad y el contenido de oxígeno se pueden controlar utilizando un aire externo u otra fuente de gas (inerte), por ejemplo nitrógeno, o en otras alternativas, la recirculación de gas se puede llevar a cabo usando gases de escape de la salida de escape 9. Para ello, la unidad de control 24 está provista, por ejemplo, de un canal de entrada conectado a la salida de escape 9 (y elementos de control apropiados, tales como válvulas, etc.).

20 [0017] En otra forma de realización del presente método de la invención, la relación de equivalencia se controla basándose en medición de una temperatura en el gas producto, y/o una temperatura en el gas de escape del proceso de combustión, y/o un contenido de oxígeno en el gas de escape del proceso de combustión. Por ejemplo, para conseguir el objetivo deseado de una RE de entre 0,9 y 0,99, el contenido de oxígeno medido en el gas de escape debería ser de entre 3-5 %. Estos parámetros se pueden medir fácilmente en el reactor durante la operación, utilizando sensores adecuados conocidos como tales. En otra forma de realización de reactor, la unidad de control 24 se conecta a uno o más sensores, por ejemplo sensores de temperatura y/o de contenido de oxígeno.

30 [0018] En otra forma de realización, la entrada de fluido de proceso secundario 22 comprende un dispositivo de distribución 25 posicionado en la zona de combustión 23. Esto puede procurar un mejor resultado de combustión y una mayor eficiencia en la zona de combustión 23. La forma y la estructura específicas pueden depender de la forma de la zona de combustión, por ejemplo en la forma de realización mostrada en la fig. 2, el dispositivo de distribución puede ser un canal anular con aberturas distribuidas. A modo de alternativa, el dispositivo de distribución 25 se puede realizar como una pluralidad de boquillas posicionadas tangencialmente y dirigidas hacia el interior distribuidas sobre la circunferencia de la pared del reactor 2.

35 [0019] Para ejecutar adecuadamente el proceso de pirólisis en el reactor, la entrada de fluido de primer proceso 5 está dispuesta para proporcionar un fluido de primer proceso, por ejemplo vapor, CO<sub>2</sub>, nitrógeno, aire, etc., a la cámara de pirólisis 6. Los parámetros específicos del fluido de primer proceso (tales como la temperatura y la presión) se pueden controlar de forma externa.

40 [0020] Los combustibles difíciles se pueden gasificar a temperaturas inferiores a las normales, mientras se mantiene una combustión completa. El calor asociado normalmente a la combustión se produce generalmente en el lecho fluidizado de la cámara de combustión, pero mediante la reducción de la estequiometría de la cámara de combustión y el aumento del aire secundario se introduce una zona de gasificación 20. Esta zona de gasificación 20 se puede ajustar para elevar o bajar la temperatura ajustando el aire al lecho fluidizado mediante la entrada de fluido de proceso primario 21 (por ejemplo usando aire [comprimido]). La zona de combustión 23 sobre el lecho fluidizado se utiliza para combustionar los componentes sin quemar (CO y C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>). El calor asociado a esta combustión no aumentará la temperatura del lecho fluidizado burbujeante en la zona de gasificación 20 y, por lo tanto, no dará lugar a problemas de aglomeración.

45 [0021] Al separar la cámara de combustión en una zona de gasificación 20 (lecho fluidizado burbujeante, BFB) y una zona de combustión 23 (sobre el BFB), parte del carbón vegetal no se combustionará y se reciclará de nuevo hacia el elevador 3 (a través de la abertura 12a del canal de retroacción 11, 12). Esto, por un lado, proporcionará una oportunidad extra de gasificación de vapor que aumenta la conversión de combustible y, por otro lado, se puede añadir a un proceso catalítico para la reducción del alquitrán (el carbón vegetal es conocido por tener actividad catalítica y/o de adsorción).

50 [0022] Habrá un incremento del carbón vegetal (especialmente a temperaturas de gasificación inferiores), sin embargo, el lecho fluidizado de la zona de gasificación 20 romperá el carbón vegetal en partículas todavía más pequeñas, que finalmente escaparán de la zona de combustión 23.

55 [0023] A modo de alternativa, se puede evitar un incremento del carbón vegetal aumentando la velocidad en el lecho fluidizado burbujeante. Esto se puede llevar a cabo reduciendo el tamaño del reactor 1 (especialmente el diámetro del lecho fluidizado en la zona de gasificación 20) y mejorando la escalabilidad del reactor 1. En formas de realización adicionales, se aumenta la velocidad para crear burbujas más grandes y una amplia zona de barboteo del lecho fluidizado burbujeante en la zona de gasificación 20.

[0024] A continuación, el aire secundario en la zona de combustión 23 también quemará el carbón vegetal que esté entrando en el área sobre el lecho fluidizado. Esto creará un calor adicional que, sin embargo, se transporta hacia fuera a través de la salida de escape 9 y la temperatura del lecho fluidizado permanecerá baja.

[0025] En la fig. 2, se muestra una variante del reactor 1 que es la más adecuada para el procesamiento de biomasa o residuos (aunque también se pueden usar otros combustibles). Aquí, la cámara de pirólisis 6 se forma mediante uno o más canales elevadores 3 posicionados en el reactor 1 (por ejemplo en forma de un tubo vertical, es decir, posicionados longitudinalmente, o incluso coaxialmente a la pared del reactor 2), y el lecho fluidizado burbujeante se posiciona en la zona de gasificación 20 en la parte inferior del reactor 1, circundando la parte inferior del elevador 3.

[0026] En comparación, el reactor 1 de la fig. 1 comprende solo una cámara de pirólisis 6 y una cámara de combustión 8 con un lecho fluidizado, donde tiene lugar un proceso de combustión. En la variante de la fig. 2, las condiciones del lecho fluidizado en la zona de gasificación 20 se adaptan reduciendo la relación de equivalencia RE. Como resultado de ello, al reducir la RE (relación de una cantidad de oxígeno suministrada a una cantidad de oxígeno requerida para una combustión completa) el flujo de volumen desciende, al igual que la temperatura del lecho fluidizado en la zona de gasificación 20.

[0027] Se pueden conseguir mejoras similares en la variante del reactor 1 tal y como se muestra en la fig. 3. El principio operativo se invierte con respecto a la forma de realización de la fig. 2 (la combustión tiene lugar ahora en el elevador 3 y la pirólisis del carbón tiene lugar en el lecho fluidizado 6). O, en otras palabras, la cámara de combustión 20, 23 está formada por uno o más canales elevadores 3 posicionados en el reactor 1. Esta forma de realización puede, por ejemplo, usarse ventajosamente para procesar carbón de baja calidad, por ejemplo con un alto contenido de ceniza.

[0028] En otra forma de realización del método (en concreto para operar el reactor 1 de la forma de realización de la fig. 3), el lecho fluidizado se acciona con una relación de equivalencia (RE) de al menos 1, por ejemplo igual a 1,05 o igual a 1,1. La relación de equivalencia (RE) se define como la relación de la cantidad de oxígeno suministrada dividida por la cantidad de oxígeno requerida para una combustión completa del combustible. Las presentes formas de realización de la invención son capaces de gasificar combustibles difíciles (que contienen ceniza) tales como césped y paja, pero también carbones con un alto contenido de ceniza y residuos. Sin embargo, para conseguir una gasificación de los combustibles difíciles, la temperatura se baja para evitar problemas de aglomeración y corrosión asociadas al combustible, así como una posible evaporación y contaminación de los canales e instalaciones descendentes por compuestos como Pb, K, Cd, etc. Lo que ocurre normalmente cuando se reduce la temperatura de gasificación es que la conversión también se reduce. Esto resulta en más carbón vegetal, que termina en la cámara de combustión. En la forma de realización de la técnica anterior (lecho fluidizado en la cámara de combustión 8, véase la fig. 1) la temperatura aumentará debido a este efecto, lo que es algo indeseado debido a los dos temas anteriores mencionados.

[0029] La reducción de la temperatura de combustión se consigue combustionando solo parcialmente el combustible en la zona de gasificación 20 y llevando a cabo una combustión completa en la zona de combustión 23 sobre el lecho fluidizado. También es aquí donde se desarrolla el calor adicional, que no está en contacto directo con los componentes de ceniza. Por lo tanto, la ceniza no se evapora y no crea una capa de fusión que causa una aglomeración.

[0030] Se descubrió sorprendentemente que es posible no tener que conseguir una combustión completa en el lecho fluidizado. Las partes sin quemar del combustible ( $\text{CO}$  y  $\text{C}_x\text{H}_y$ ) se usan a continuación para conseguir una alta temperatura y una combustión completa.

[0031] La combustión incompleta de carbón vegetal en el lecho fluidizado puede llevar a un incremento del carbón vegetal. Una posibilidad sería aumentar, en otra forma de realización, la zona de barboteo del lecho fluidizado burbujeante para hacer que el carbón vegetal entre en el área situada sobre el lecho fluidizado, donde se puede combustionar a continuación. De esta manera, se convierte suficiente carbón vegetal para evitar la acumulación (y una eficiencia reducida). El aumento en la zona de burbujeo solo se puede conseguir con mayores velocidades en el lecho fluidizado. Esto se puede usar para reducir el tamaño (especialmente el diámetro) del reactor 1, lo que es bueno para el incremento y la rentabilidad.

[0032] Con respecto a las formas de realización del reactor 1 de la técnica anterior, el diámetro del reactor 1 adecuado para las presentes formas de realización de la invención pueden reducirse mediante un factor 2/3 o incluso menos. Los efectos son como sigue:

- Una ligera reducción en la conversión de carbono en gases de escape, esto significa que una mayor cantidad de combustible termina en gas producto, y conlleva una mayor eficiencia (esto ha sido evaluado y observado).

- Un mejor control en los efectos de aglomeración, porque el lecho permanece a baja temperatura. Las pruebas han confirmado esto.
- Un mejor control de la evaporación de alcalinos y, como resultado de ello, un mejor control de la corrosión. Esto ha sido confirmado en las pruebas.
- 5 - Mayores cantidades de productos valiosos (compuestos aromáticos y moléculas C<sub>2</sub> y C<sub>3</sub>) a temperaturas inferiores. Las pruebas han confirmado esto.
- Reducción de la cantidad de alquitranes pesados (a temperaturas inferiores), que, en última instancia, son los que causan problemas en la conexión con el equipo descendente. Demostrado en las pruebas.
- Reducción de la cantidad de alquitranes pesados (efecto de carbón vegetal) a temperaturas superiores.
- 10 - Menor tamaño del equipo. Dado que el lecho fluidizado se puede fluidizar con menos aire, también se puede reducir el área del lecho. Cuando se opera a temperaturas inferiores, el área se debe reducir adicionalmente para mantener una velocidad suficiente. Todo esto mejora los costes de una instalación.
- El carbón vegetal que permanece en el lecho fluidizado burbujeante tendrá unos pocos ciclos de circulaciones adicionales, añadiéndose a la conversión de carbón vegetal en gas producto, pero
- 15 añadiéndose también quizá a procesos catalíticos y de adsorción relacionados con el alquitrán. (Primero a temperatura alta y en segundo lugar a temperatura inferior).
- El incremento del reactor 1 siempre plantea la cuestión de la distribución de carbón vegetal por el lecho fluidizado. Para este fin, el canal de retroacción puede comprender uno o más canales de tubo de descenso
- 20 adicionales posicionados en el reactor 1 según otra forma de realización (similar al canal de retroacción o tubo de descenso 12 tal y como se menciona en relación con las figuras 1-3 anteriormente mencionadas). Los tubos de descenso adicionales 12 son posibles a costa de la tensión mecánica y térmica adicional. Se observa, sin embargo, que las presentes formas de realización de la invención con una RE inferior a 1 hacen la distribución de carbón vegetal menos crítica, ya que se combustionan gases por encima del lecho fluidizado, y los gases se mezclan mejor que los sólidos.
- 25 - Mejor control de emisiones mediante combustión escalonada. Dado que hay una zona caliente creada sobre el lecho, las emisiones indeseadas (CO y C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) se controlarán mucho mejor.

[0033] Las presentes formas de realización de la invención se han descrito anteriormente en referencia a un número de reactores ejemplares adecuados para el método de la invención, tal y como se muestra en los dibujos. Son posibles las modificaciones y aplicaciones alternativas de algunas partes o elementos, y se incluyen en el alcance de protección tal y como se define en las reivindicaciones anexas.

**REIVINDICACIONES**

1. Método para producir un gas producto a partir de un combustible, que comprende

- 5           - la introducción del combustible en una cámara de pirólisis (6) y la ejecución del proceso de pirólisis para obtener un gas producto,  
          - la recirculación de las partes del combustible que salen de la cámara de pirólisis (6) a una cámara de combustión (20, 23), y  
10          - en la cámara de combustión (20, 23) la ejecución de un proceso de gasificación en un lecho fluidizado (20) usando un fluido de proceso primario, seguido de un proceso de combustión en un área (23) situada sobre el lecho fluidizado (20) usando un fluido de proceso secundario, donde el proceso de gasificación se controla controlando la velocidad y el contenido de oxígeno del fluido de proceso primario, y donde el proceso de combustión se controla controlando la velocidad y el contenido de oxígeno del fluido de proceso secundario, donde el proceso de gasificación se acciona con una relación de equivalencia RE de entre 0,9 y 0,99, donde la relación de equivalencia RE se define como la relación de la cantidad de oxígeno suministrada dividida por la cantidad de oxígeno requerida para una combustión completa del combustible.

20          2. Método según la reivindicación 1, donde el fluido de proceso primario se usa para controlar la temperatura en el lecho fluidizado (20).

3. Método según la reivindicación 1 o 2, donde la relación de equivalencia se controla mediante una o más de las acciones siguientes:

- 25                 la reducción del suministro del fluido de proceso primario, la reducción del contenido de oxígeno en el fluido de proceso primario, la adición de un gas inerte al fluido de proceso primario, y/o la adición de gas de escape al fluido de proceso primario.

30          4. Método según la reivindicación 3, donde la relación de equivalencia se controla basándose en la medición de una temperatura en el gas producto, y/o una temperatura en el gas de escape del proceso de combustión, y/o un contenido de oxígeno en el gas de escape del proceso de combustión.

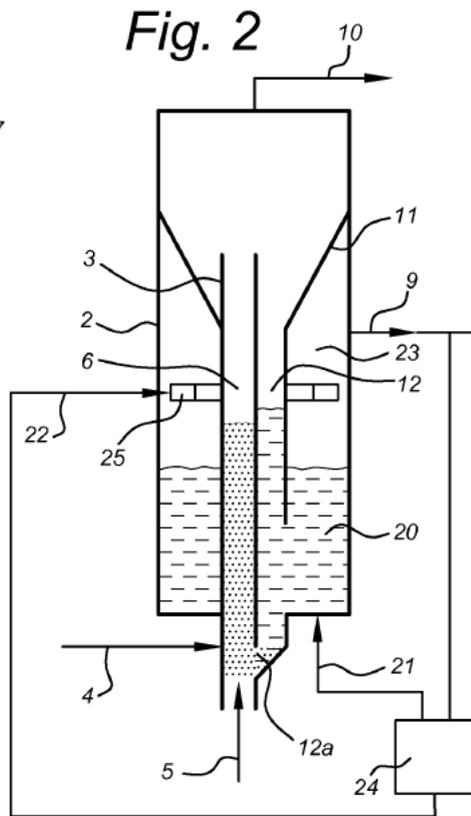
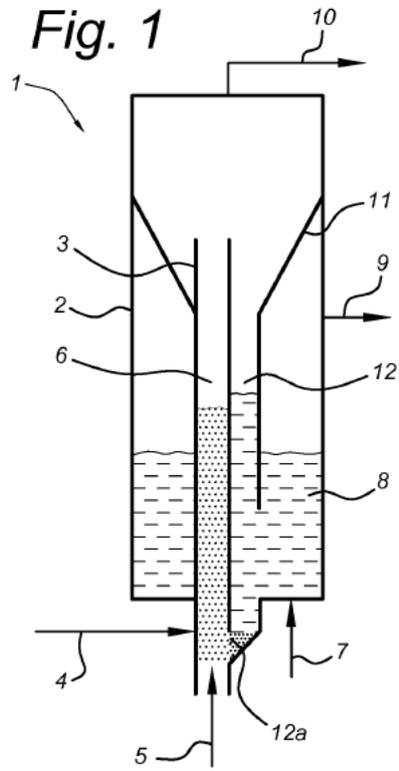


Fig. 3

