

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 734 519**

51 Int. Cl.:

**B01J 19/20** (2006.01)

**C10J 3/66** (2006.01)

**C10J 3/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.02.2010 PCT/EP2010/051938**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.08.2011 WO11101020**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.02.2010 E 10705328 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2019 EP 2536495**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la obtención de carburantes y gases combustibles a partir de sustancias orgánicas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.12.2019**

73 Titular/es:

**GIM HOLDING BV (100.0%)  
Vogt 21  
6422 RK Heerlen, NL**

72 Inventor/es:

**BRUECK, GERNOT K.**

74 Agente/Representante:

**GARCÍA-CABRERIZO Y DEL SANTO, Pedro María**

ES 2 734 519 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 y dispositivo para la obtención de carburantes y gases combustibles a partir de sustancias orgánicas

5 La invención se refiere a un procedimiento para la obtención de carburantes y gases combustibles a partir de sustancias orgánicas, descomponiéndose térmicamente las sustancias orgánicas para formar carburantes y gases combustibles y para formar carbono.

10 Además, la invención se refiere a un dispositivo para llevar a cabo un procedimiento de este tipo, con un reactor para la descomposición térmica de las sustancias orgánicas para formar carburantes y gases combustibles y para formar carbono.

15 Los procedimientos y dispositivos para la obtención de carburantes y gases combustibles a partir de sustancias orgánicas se conocen generalmente, por ejemplo, como instalaciones para la conversión de biomateriales en biogás que han estado funcionando desde hace algunos años, pero simultáneamente también los enormes problemas en los que se encuentra todo el sector.

20 Así, por una parte, el costo de tales procedimientos sigue aumentando sin cesar en la forma de los precios para plantas, que contienen grasa, carbohidratos y proteínas, de manera que de ello solamente se deriva la urgencia de un aumento en la eficiencia del procedimiento. Por otra parte, un porcentaje aproximadamente del 25 al 35 % de las sustancias orgánicas no fermentables permanece aún completamente desaprovechado. Aparte de eso, a menudo la eliminación de, por ejemplo, los residuos de plástico está unida o bien a un alto esfuerzo tecnológico, o por el contrario en este sector lamentablemente también se desperdicia inútilmente en gran medida energía valiosa y utilizable por simple quema.

25 Un cierto porcentaje de materiales orgánicos, en particular en instalaciones de pirólisis, también se descompone térmicamente para formar carburantes y gases combustibles y para formar carbono, dejando mucho que desear, sin embargo, también en este caso la eficiencia deja y requiriendo esto además siempre inversiones considerables. A este respecto, la calidad de los gases así generados (por una parte, debido a la disparidad de los materiales orgánicos que van a descomponerse térmicamente; por otra parte, dependiendo del tipo de los ajustes respectivamente seleccionados en la guía de proceso) a menudo es muy irregular. A este respecto, el carbono que se produce de manera conocida de acuerdo con el procedimiento por regla general mezclado con material inorgánico, tal como, por ejemplo, con metales o sales, debe eliminarse como cenizas inutilizables.

35 Ejemplos de esto son los procedimientos y dispositivos en los documentos mencionados a continuación. Así, el documento US 2008/0149471 A2 describe un horno de pirólisis y un proceso de una sola fase que transcurre en él. El documento EP 1865 045 A1 describe un reformador de vapor y un proceso asimismo de una sola fase. El documento US 5.151.159 A describe un proceso de pirólisis en el que se produce carbón, que luego se quema. El documento US 2003/0010266 A1 describe un proceso de pirólisis de dos fases con oxidación posterior. El documento EP 1 160 307 A2 describe un proceso de carbonizado a baja temperatura de una sola fase. El documento EP 1447 438 A1 describe una gasificación de cuatro pasos con dos etapas de pirólisis: pregasificación y post-gasificación. El documento EP 1 323 810 A1 describe un gasificador de tubo doble con reciclaje del material residual no gasificado. El documento DE 196 14 689 A1 describe una instalación utilizable de manera multivalente para el tratamiento térmico de sustancias de partida con un único reactor. El documento US 1.538.796 describe una "retorta de unidad múltiple" para separar gases volátiles de material que contiene carbono con un número de segmentos de retorta dispuestos horizontalmente uno detrás del otro.

50 Un procedimiento del tipo anteriormente mencionado se puede deducir del documento WO 01/68789 A1. Este documento revela una unidad de pirólisis, que está realizada en una realización representada en la fig. 2 en forma de un transportador de tornillo sin fin calentado indirectamente a través de una camisa de calefacción y al que se conecta una unidad de gasificación con una zona de oxidación. La materia prima húmeda, tal como biomasa o madera troceada, se transporta a través de una denominada unidad de secado, en la que también se realiza un suministro de vapor de agua, a la unidad de pirólisis y ahí se piroliza, es decir, se descompone térmicamente para formar una fracción gaseosa y una sólida. Ambas fracciones llegan desde la unidad de pirólisis a la unidad de gasificación, en particular en un reactor de gasificación, que se atraviesa de arriba abajo por un agente de gasificación. Este agente de gasificación se describe como aire precalentado y/o vapor de agua, y debería provocar una oxidación parcial de los constituyentes volátiles en el sentido de una descomposición térmica adicional. De hecho, esto significa que la denominada unidad de gasificación es esencialmente otra unidad de pirólisis. En esta unidad de gasificación, las sustancias sólidas se gasifican desde la unidad de pirólisis y se reduce el contenido de alquitrán de los constituyentes volátiles introducidos. A este respecto, no se describen en detalle las reacciones en curso y tampoco se deducen de las temperaturas de reacción indicadas, en particular porque las respectivas composiciones del agente de gasificación y la mezcla entrante de gas y sólido son indeterminadas. En particular, no se describe cómo reacciona, dado el caso, el carbono que proviene de la pirólisis en el reactor de gasificación. Más bien, la fig. 2 muestra que el carbono no reaccionado se acumula en una rejilla y, junto con la ceniza, configura un lecho, que puede utilizarse como filtro de alquitrán. Se establece, entre otras cosas, que la realización representada en la fig. 2 corresponde en principio a la primera realización representada en la fig. 1, mostrando esta primera

realización una descarga de la mezcla de ceniza-carbón no usada de la unidad de gasificación.

La invención se basa en el objetivo de crear, de un modo tecnológicamente menos complicado, un procedimiento y un dispositivo del tipo anteriormente mencionado, con los cuales puede aumentarse el coeficiente de utilización de las sustancias orgánicas utilizadas en la obtención de carburantes y gases combustibles.

De acuerdo con el procedimiento según la invención, esto se logra por que el carbono generado durante la descomposición térmica se hace reaccionar en un proceso de síntesis posterior espacial y temporalmente a la descomposición en atmósfera de vapor de agua para formar monóxido de carbono e hidrógeno, teniendo lugar la descomposición térmica y el proceso de síntesis en dos reactores conectados uno detrás del otro separados tecnológicamente, un reactor de descomposición para la descomposición térmica de las sustancias orgánicas y un reactor de síntesis para la formación del monóxido de carbono y del hidrógeno, y presentando el procedimiento de acuerdo con la invención las características de la reivindicación 1.

En el caso del dispositivo de acuerdo con la invención, esto se logra por que al reactor para la descomposición térmica está posconectado tecnológicamente un reactor de síntesis para formar monóxido de carbono e hidrógeno a partir del vapor de agua y a partir del carbono formado en el reactor para la descomposición térmica, siendo los reactores secciones de horno u hornos separados unos de otros de manera estanca al gas, que están unidos entre sí a través de una esclusa estanca al gas para suministrar el carbono desde el reactor para la descomposición térmica al reactor de síntesis, presentando el reactor para la descomposición térmica una salida de gas para desacoplar los gases que se producen en él con un refrigerador de gas conectado, y presentando el dispositivo de acuerdo con la invención las características de la reivindicación 13.

Con una tal instalación híbrida, puede realizarse ventajosamente una reacción de hasta el 100 % de las sustancias orgánicas que van a descomponerse, pudiendo separarse además ventajosamente la generación del gas que contiene hidrógeno producido en el reactor de síntesis de los gases que se producen en la fase de la descomposición térmica. Aunque, en el caso de la descomposición térmica con una flexibilidad tecnológica ventajosamente alta, pueden utilizarse y descomponerse alternativamente diferentes materiales con distintos regímenes de temperatura adaptados respectivamente a su composición química, la unidad de síntesis no se ve afectada y siempre funciona de manera idéntica.

Así, la descomposición térmica de las sustancias orgánicas puede llevarse a cabo como denominada pirólisis instantánea (*flash*) en un intervalo de temperatura de 300 °C a 600 °C, produciéndose, con respecto al 100 % de masa seca de las sustancias orgánicas, aproximadamente del 75 % al 85 % de carburantes y gases combustibles y aproximadamente del 15 % al 25 % de carbono. A este respecto, resulta importante para la plena utilización de acuerdo con la invención de la energía de las sustancias orgánicas utilizadas la reacción del carbono. Si se toma, por ejemplo, la madera como sustancia orgánica que va a descomponerse o como proveedor de energía, que posee un valor calorífico de aproximadamente 18 MJ/kg de la sustancia seca, entonces el 20 % del carbono residual con un valor calorífico de aproximadamente 34 MJ/kg constituye por lo menos aproximadamente el 38 % de la energía inherente a la madera, que, de acuerdo con la invención, puede aprovecharse más en comparación con un procedimiento sin fase de síntesis.

Otra posibilidad (si se desea un alto rendimiento de hidrógeno) consiste que llevar a cabo la descomposición térmica de las sustancias orgánicas como denominada termólisis de monocarbono en un intervalo de temperatura de 650 °C a 800 °C, formándose, con respecto al 100 % de masa seca de las sustancias orgánicas, más del 20% de carbono (junto con CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>), lo cual está disponible entonces para la reacción de síntesis, dependiendo la composición del tipo de material de entrada y su humedad.

En este sentido, hay que considerar que la cantidad del carbono que se produce durante la descomposición térmica depende de la temperatura; cuanto más alta sea esta, más carbono se libera, porque este, como se muestra en detalle a continuación, se produce en las interfaces termolíticas de las moléculas orgánicas poliméricas. Cuanto más corta tengan la cadena los fragmentos a causa de una mayor temperatura seleccionada, más carbono elemental puede producirse.

A este respecto, también es posible, sin desventajas de procedimiento, que las sustancias orgánicas que van a descomponerse térmicamente contengan constituyentes a partir de los cuales se producen durante la descomposición térmica productos de ceniza inorgánicos. Durante la descomposición térmica de las sustancias orgánicas, también pueden suministrarse al proceso aditivos funcionales disueltos en particular en agua, tales como sales y halógenos, por ejemplo, ácido fosfórico o potasa cáustica, para unir, por ejemplo, gases nitrosos como fosfatos de amonio u óxidos de azufre, como sulfato de potasio.

A este respecto, la invención se basa en el conocimiento de que una combinación de descomposición térmica y síntesis en un único espacio del reactor da como resultado problemas. Por ejemplo, mientras se desarrolla una termólisis, se producen alrededor de las partículas que van a descomponerse de las sustancias orgánicas nubes de gas en expansión, que apartarían por así decirlo del sitio de reacción el vapor de agua necesario para una reacción para formar hidrógeno y monóxido de carbono, de manera que ninguna molécula de agua llega al carbono. Además,

durante una termólisis (como se conoce por la producción de carbón activado), siempre permanece un esqueleto de carbono estable en el carbono que se produce, de manera que, en este caso, aunque la superficie es teóricamente grande, las moléculas de agua solo son accesibles de forma limitada, de manera que no puede realizarse ninguna reacción completa.

5 Una etapa importante para la plena utilización de la energía contenida en las sustancias orgánicas que van a descomponerse también es la subdivisión del dispositivo híbrido en la fase de la descomposición con el intervalo de temperatura comparativamente más bajo medio anteriormente mencionado o superior anteriormente mencionado, pero con respecto a la temperatura de la fase de síntesis, que (debido a la alta pureza del carbón y también debido a la presencia, dado el caso, existente de sustancias inorgánicas químicamente inactivas) se lleva a cabo como proceso de alta temperatura en el intervalo de temperatura de 850 °C a 1000 °C.

10 A la producción de CO/H<sub>2</sub> puede posconectarse una reacción de cambio de gas de agua en otro reactor, con lo cual el monóxido de carbono se convierte en dióxido de carbono en un proceso exotérmico en atmósfera de vapor de agua a temperaturas entre 250 °C y 450 °C en un catalizador de óxido de hierro (III), duplicándose aproximadamente la cantidad de hidrógeno.

20 El procedimiento de acuerdo con la invención con el proceso de descomposición y de síntesis, aunque llevado anaeróbicamente y respectivamente como reacción endotérmica (así, no autotérmica), puede realizarse en el balance general con alta eficiencia energética, puesto que, por una parte, la energía necesaria para la descomposición y la síntesis, al menos más del 80 %, preferentemente más del 95 %, puede proporcionarse mediante la combustión de los carburantes y gases combustibles obtenidos a partir de las sustancias orgánicas y/o también por la recuperación del calor que se produce en el proceso de cambio de gas de agua, pues solo en el caso de una primera puesta en marcha o en el caso de una puesta en marcha repetida eventualmente después de tiempos de inactividad del dispositivo de acuerdo con la invención, es necesario un aporte de energía de una sola vez, por ejemplo, con gas para calefacción de combustión suministrado externamente. En el estado estacionario, el calor puede proporcionarse al 100% de manera inherente al proceso. Además, el carbono de la fase de la descomposición de las sustancias orgánicas llega con preferencia directamente (así, sin refrigeración y almacenamiento intermedio, es decir, ya con la temperatura de reacción predominante en la fase de descomposición) al reactor de síntesis, de manera que en la fase de síntesis solo se debe emplear la diferencia de cantidad de energía para alcanzar la temperatura decisiva ahí.

35 En los reactores del dispositivo de acuerdo con la invención, en particular en el reactor para la descomposición térmica, puede realizarse preferentemente un transporte de los bienes mediante tornillos sin fin de transporte. En este sentido, unidades de espátula y/o de rodillo integradas en los tornillos sin fin pueden distribuir muy finamente el material orgánico sobre el lado inferior del horno, de manera que todas las partículas puedan llevarse directamente a una temperatura de destello óptima de, por ejemplo, aproximadamente 475 °C a través del calor de contacto desde la pared del reactor. Las unidades rascadoras colocadas detrás pueden liberar después el fondo o la pared del reactor de adherencias y liberarlo para el contacto directo posterior con las sustancias orgánicas. Además, con un sistema de rodillos sobre el tornillo sin fin, pueden romperse simultáneamente los aglomerados de carbono que se producen, de manera que solo se suministra polvo de carbón, por regla general, mezclado con material inorgánico, desde el reactor al lugar de descarga.

45 Otras características de configuración ventajosas y ventajas de la invención están contenidas en la siguiente descripción y en las reivindicaciones secundarias.

La invención se explica con más detalle mediante un ejemplo de realización preferente, representado en los dibujos adjuntos, del procedimiento y dos variantes constructivas preferentes para un reactor del dispositivo de acuerdo con la invención. A este respecto, muestran:

- 50
- fig. 1 un diagrama tecnológico de una realización preferente de un dispositivo de acuerdo con la invención para ilustrar el procedimiento de acuerdo con la invención,
  - fig. 2 una representación esquemática de la interacción del vapor de agua con partículas de una sustancia orgánica que se descompone térmicamente en el mismo espacio de reacción,
  - fig. 3 una representación de la descomposición térmica de una molécula de cadena de alcano no ramificada a una temperatura comparativamente más alta,
  - 60 fig. 4 una representación de la descomposición térmica de una molécula de cadena de alcano no ramificada a una temperatura comparativamente más baja,
  - fig. 5 una representación en sección transversal de una primera realización preferente de un reactor que se puede utilizar de acuerdo con la invención en la descomposición térmica de sustancias orgánicas,
  - 65 fig. 6 a 8 detalles ampliados de la representación en la fig. 5 en diferentes posiciones de trabajo de un tornillo sin fin

de transporte en el reactor para la descomposición térmica,

5 fig. 9 una representación en sección transversal de otra realización preferente de un reactor que se puede utilizar de acuerdo con la invención en la descomposición térmica de sustancias orgánicas,

fig. 10 una representación detallada ampliada de un grupo constructivo del reactor para la descomposición térmica representado en la fig. 9.

10 De acuerdo con un procedimiento según la invención, en una instalación de acuerdo con la invención para la obtención de carburantes y gases combustibles, una sustancia orgánica 1 que contiene humedad (o incluso una mezcla de sustancias) se coloca en una tolva 2 calentada hasta un contenido deseado de sustancia seca.

15 A este respecto, como sustancias orgánicas 1 pueden utilizarse residuos vegetales, tales como madera o compost, biomasa, basura doméstica, residuos de plástico, lodos activados, despojos de carne, neumáticos viejos y similares. A este respecto, las sustancias orgánicas utilizadas para formar los carburantes y gases combustibles pueden contener del 5 % al 50 %, preferentemente del 15 % al 20 %, de humedad, que se ajusta preferentemente por el secado anterior a la descomposición térmica. A este respecto, las sustancias orgánicas 1 que van a descomponerse térmicamente también pueden contener constituyentes a partir de los cuales se producen durante la descomposición térmica productos de ceniza inorgánicos.

20 A este respecto, en la fig. 1 no está representado que la sustancia orgánica 1 o las sustancias orgánicas 1 utilizada(s) para formar los carburantes y gases combustibles debería(n) triturarse antes de la descomposición y el secado, en particular triturarse a tamaños de partículas promedios en el intervalo de 2 mm a 5 mm, debiendo ser preferentemente una medida en una dimensión espacial de las partículas (longitud, anchura, altura) menor que 100 µm. Con ello, las partículas presentan una relación óptima de superficie respecto a volumen para la reacción de descomposición y para el ataque térmico (en el sentido de la transferencia de calor).

30 Desde la tolva 2, la sustancia orgánica 1 cae a una esclusa 3, que está representada en el dibujo de manera ejemplar como válvula rotativa, y llega a través de la abertura 4 al espacio interior del reactor 5 para la descomposición. A este respecto, la esclusa 3 cierra el reactor también de manera estanca al aire para el suministro de material. En el reactor 5, la descomposición térmica de la sustancia orgánica 1 se guía como proceso anaeróbico, pudiendo introducirse la sustancia orgánica 1 en el reactor 5 también en particular bajo gas protector. Dentro del reactor 5 para la descomposición, un tornillo sin fin de transporte 6 que se extiende axialmente mueve continuamente el material hacia la abertura de descarga 8, que a su vez desemboca en una esclusa 9 estanca al gas, en particular una válvula rotativa.

35 El reactor 5 para la descomposición también dispone de una alimentación 7, a través de la cual puede suministrarse el agua, dado el caso, con aditivos funcionales disueltos en esta.

40 El tornillo sin fin de transporte 6 siempre presenta riostras transversales, que discurren longitudinalmente hasta la carcasa del reactor de descomposición 5. Para ello, bastan en primer lugar riostras simples de rascado y de volteo (como riostras designadas en la fig. 5 con la referencia 62), pero pudiendo agregarse también riostras con funciones adicionales, tal como puede deducirse también de las fig. 5 a 10 descritas a continuación.

45 A temperaturas ajustables a discreción, por ejemplo, en el intervalo de temperatura entre 300 °C y 600 °C, la sustancia orgánica se descompone térmicamente en el reactor 5, en particular sometida a una termólisis. La configuración descrita del tornillo sin fin de transporte 6 permite, además de termólisis a altas temperaturas, también la implementación de la pirólisis instantánea (*flash*) ya mencionada. En el caso de una tal pirólisis casi instantánea (*flash*), en un proceso de temperatura media, preferentemente a aproximadamente 475 °C, el material orgánico 1 se calienta muy rápidamente bajo exclusión de oxígeno. En este sentido, las partículas en particular pequeñas se descomponen a velocidades de calentamiento y de transmisión de calor muy altas, produciéndose habitualmente alrededor del 60 % al 70 % (a temperatura ambiente) de productos líquidos como carburantes combustibles, así como, adicionalmente, en cada caso aproximadamente del 10 % al 20 % de gas inflamable y aproximadamente del 15 % al 25 % de carbono residual, con respecto al 100 % de materia seca del químico orgánico (sustancia orgánica 1). El carbono se mezcla con material inorgánico dado el caso presente o que se forma, tal como, por ejemplo, metales o sales.

60 La descomposición térmica de las sustancias orgánicas 1 también puede realizarse como denominada termólisis de monocarbono en un intervalo de temperatura de 650 °C a 800 °C, produciéndose, con respecto al 100 % de materia seca de sustancias orgánicas 1, solo más CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y carbono.

65 El gas que se produce se desacopla de la salida de gas 11 y llega a un refrigerador de gas 12, en el que se refrigera en un serpentín refrigerante 13, por ejemplo, a una temperatura de 50 °C adecuada para el uso posterior del gas para la generación de electricidad. Los porcentajes líquidos se condensan y se recogen en el recipiente 14. A partir de esto, los combustibles líquidos así como el agua residual pueden extraerse a través de una salida 15.

- El gas fluye entonces hacia una depuración de gas 16. En el caso de esta depuración de gas 16 de los gases que se producen por la descomposición térmica, como líquidos de depuración pueden utilizarse aceites, en particular aceites vegetales, preferentemente aceite de colza. El aceite de colza posee una capacidad especialmente buena de unir alquitranes. El líquido de depuración cargado con sustancia sólida, en particular con carbono, se aspira a través de una salida 19 y puede suministrarse como material de entrada al proceso de la descomposición térmica de las sustancias orgánicas 1. Esto puede suceder en particular si en el reactor se ha formado tanto polvo de carbono que la viscosidad ha aumentado tanto que el gas solo puede pasar de manera limitada por el líquido de depuración.
- El gas purificado se aspira mediante una bomba 17 y se presiona en una instalación de suministro de gas 18, en la cual se encuentran sensores de gas y caudalímetros.
- La mezcla de carbono puro y material inorgánico llega a través de la esclusa 9 estanca al gas ya mencionada directamente a un reactor de síntesis 10. Dado que los reactores 5, 10 están dispuestos uno encima del otro, a este respecto, el carbono también puede fluir bajo la acción de su propio peso desde el reactor 5 para la descomposición térmica hacia el reactor de síntesis 10. Con ello, la energía de transporte se mantiene baja.
- En el reactor de síntesis 10, el carbono generado durante la descomposición se hace reaccionar en un proceso de síntesis posterior espacial y temporalmente a la descomposición en atmósfera de vapor de agua a temperaturas en el intervalo de 850 °C a 1000 °C para formar monóxido de carbono e hidrógeno. A este respecto, el vapor de agua necesario para la síntesis se pulveriza a través de un conducto de alimentación 20.
- Con un tornillo sin fin de transporte 21 dispuesto en el interior del reactor de síntesis 10, el carbono se transporta continuamente, se arremolina en la cámara y se suministra a una salida 22 material inorgánico que queda durante la reacción de síntesis. En este caso, este se conduce después como cenizas o desechos residuales a través de una válvula rotativa 23 adicional en un cajón para cenizas 24.
- La mezcla de gas de CO/H<sub>2</sub> resultante se desacopla en la salida de gas 25 y luego se templea en un refrigerador 26. A este respecto, se separa cualquier agua residual existente de vapor de agua sin reaccionar y se extrae a través de una salida de agua 27.
- Desde el enfriador 26, el gas fluye hacia un depurador de gas 28 y ahí se libera del polvo residual. Un sumidero 29 del depurador de gas 28 se aspira entonces a través de la aspiración de sumidero 30 en el caso de una sobrecarga de polvo, pudiendo suministrarse el líquido también de nuevo al reactor 5 para la descomposición térmica.
- Desde el depurador de gas 28, la mezcla de gas se aspira a través de una bomba 31, se controla en la corriente de gas con ayuda de sensores 32 y después se presiona en un conducto de gas 33.
- Opcionalmente (de manera independiente de la composición del gas, que tiene el gas que sale del reactor de descomposición 5), esta mezcla de gas ventajosamente siempre idéntica puede tratarse adicionalmente a través de un reactor de cambio 34 para el gas de agua al convertirse el monóxido de carbono en dióxido de carbono en el reactor de cambio 34 durante el suministro de vapor de agua a catalizadores de óxido de hierro(III) 35 a temperaturas en el intervalo de 250 °C a 450 °C, produciéndose adicionalmente hidrógeno: En el caso de la reacción completa del CO en CO<sub>2</sub>, se duplica la producción de hidrógeno.
- El dióxido de carbono contenido en la mezcla de gases puede licuarse en otra unidad de refrigeración 38 opcionalmente presente, que está llena, por ejemplo, de nitrógeno líquido como refrigerante, al guiarse a través de un serpentín refrigerante 39 y, a este respecto, refrigerarse por debajo de -60 °C. El CO<sub>2</sub> líquido fluye después a una presión por encima de 6 bar hacia el recipiente de recogida 41 y puede extraerse desde ahí a través de la salida 42. El gas de hidrógeno puro está disponible en el conducto de gas 40.
- En la fig. 2 está representado cómo se impide que el vapor de agua 45 descomponga térmicamente las partículas orgánicas 43, puesto que brota permanentemente gas de descomposición 44 de la partícula 43. Por lo tanto, la figura ilustra que (como ya se ha expuesto anteriormente) resulta tecnológicamente desventajoso llevar a cabo la descomposición térmica y la síntesis en un único reactor, porque no puede realizarse la reacción completa de las sustancias orgánicas 1. En su lugar, con la instalación híbrida de acuerdo con la invención, el material orgánico puede hacerse reaccionar ventajosamente para formar el 100 % en carburantes y gases combustibles.
- En las fig. 3 y 4 se representa paradigmáticamente en un alcano cómo puede imaginarse la generación del carbono puro a partir de una sustancia orgánica 1. Como muestra en primer lugar la fig. 3, la energía térmica 46 ataca un enlace C-C 47 y separa la cadena de hidrocarburos 48. A este respecto, se producen radicales libres H-C-H 50 y fragmentos radicales más largos 49, que arrebatan el hidrógeno a los radicales H-C-H 50 y, con ello, se completan de nuevo para formar moléculas. A modo de ejemplo, en relación a esto, el etano está designado con la referencia 51 en la fig. 3. A este respecto, el carbono puro 52 liberado del hidrógeno se produce como residuo.
- De acuerdo con la fig. 4, el ataque térmico (energía térmica 53) en la cadena molecular 54 es menor, puesto que el proceso de la descomposición térmica se lleva a cabo a una temperatura comparativamente más baja. A este

respecto, por una parte, se producen menos fragmentos moleculares 55, pero más largos, y moléculas más largas de ellos (a modo de ejemplo, en relación a esto, el propano está designado con la referencia 56 en la fig. 4), así como también un número menor de radicales H-C-H y, con ello, también menos carbono puro 58.

- 5 Por las fig. 5 a 10 se ilustran algunos detalles constructivos del dispositivo de acuerdo con la invención, a los cuales también se les otorga su propia importancia inventiva y que tienen en cuenta el hecho de que la descomposición térmica de las sustancias orgánicas y el proceso de síntesis discurren como procesos endotérmicos, suministrándose la energía necesaria para ello alotérmicamente al proceso, es decir, que se acopla en particular indirectamente a través de las paredes de los reactores 5, 10 o, de manera alternativa o adicional, también a través de un portador de calor, por ejemplo, guiado en serpentines de calefacción en cada caso a través del espacio de reacción.

- 15 Los reactores 5, 10 del dispositivo de acuerdo con la invención pueden ser preferentemente hornos tubulares, en los cuales están dispuestos tornillos sin fin de transporte 6, 21. Sin embargo, alternativamente, como reactores 5, 10 también podrían utilizarse hornos tubulares giratorios, transportándose continuamente durante la descomposición térmica y el proceso de síntesis las sustancias orgánicas 1 y el carbono mediante la rotación del horno.

- 20 En particular, puede lograrse una mejora en el sentido de una intensificación de la reacción de la descomposición térmica al modificar el tornillo sin fin de transporte (designado con la referencia 60 en la fig. 5) que se encuentra en el interior del reactor de descomposición 5 (designado con la referencia 62 en la fig. 5). Este tornillo sin fin de transporte 60 (como ya se ha mencionado) presenta en primer lugar riostras de rascado y de volteo 62. A este respecto, se trata de riostras transversales, en particular aproximadamente trapezoidales en la sección transversal, que se extienden al menos por zonas a lo largo respecto a una carcasa del reactor 5, las cuales están moldeadas y dispuestas de tal manera que invierten, dado el caso, también forman remolinos y/o rascan de una pared 59 del reactor 5 las sustancias orgánicas 1, las sustancias inorgánicas y/o el carbono durante un movimiento a través del reactor 5.

- 30 Para la mejora mencionada (como se deduce de las fig. 5 a 8), pueden colocarse sobre el tornillo sin fin 60 adicionalmente riostras de presión 61, que también están designadas con las referencias 64, 66 y 69 en sus diversas posiciones de trabajo posibles en las fig. 6 a 8. A este respecto, se trata, preferentemente, tal como ilustra el dibujo, de riostras longitudinales, en particular a modo de ala, aproximadamente en forma de hoz en la sección transversal, que se extienden longitudinalmente respecto a una carcasa del reactor 5, dispuestas oblicuamente respecto a rayos radiales R a través del reactor 5, las cuales están moldeadas y dispuestas de tal manera que distribuyen las sustancias orgánicas 1, las sustancias inorgánicas y/o el carbono en una capa de algunos milímetros de grosor sobre la pared del reactor 5 durante un movimiento a través del reactor 5 y presionan contra la pared 59 del reactor 5.

- 40 En detalle, la secuencia de figuras 6 a 8 muestra que el material (designado con la referencia 65 en la fig. 6 y con 68 en la fig. 7) de la sustancia orgánica 1, que se encuentra en una pared interior 63 inferior del reactor 5, se aloja por la riostra de presión 64 y se pone en contacto directo con la superficie de la carcasa 63 caliente por el movimiento giratorio del tornillo sin fin de transporte 60 como capa fina 67. Si la riostra de apriete alcanza la posición 69 (fig. 8), todo el material 71 se presiona en una capa fina sobre la superficie 70 caliente y se evapora o se descompone en contacto directo con la pared de forma muy espontánea y en pocos segundos.

- 45 Como muestran además las fig. 9 y 10, sobre el tornillo sin fin (en este caso, designado con la referencia 73), además de riostras de rascado y de volteo (en este caso, designadas con la referencia 74), también pueden estar colocados los rodillos de apriete 75. A este respecto, se trata preferentemente de riostras longitudinales que se extienden a lo largo respecto a la carcasa del reactor 5, las cuales están configuradas como rodillos móviles libremente en la dirección radial y están fijadas y realizadas en el tornillo sin fin de transporte 73 de tal manera que presionan las sustancias orgánicas, las sustancias inorgánicas y/o el carbono en una capa de algunos milímetros de grosor contra la pared 72 del reactor 5 y los trituran por un triturado por laminación contra la pared del reactor 5. Tales rodillos de apriete 75 pueden reaccionar más fácilmente sobre piezas moldeadas de material inorgánico de forma fuertemente cohesiva y, por lo tanto, también evitar atascos. Además, estos rodillos 75 laminan menudamente el carbón que se produce. Para cumplir su función, los rodillos (designados con la referencia 77 en la fig. 10) deberían tener una gravedad intrínseca y estar colocados en una riostra de guía 76 sobre el tornillo sin fin de tal manera que el eje 78 del rodillo pueda moverse libremente en una escotadura (agujero alargado 79) de la riostra de guía 76.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la obtención de carburantes y gases combustibles a partir de sustancias orgánicas (1), descomponiéndose térmicamente las sustancias orgánicas (1) para formar carburantes y gases combustibles y para formar carbono, haciéndose reaccionar el carbono generado durante la descomposición térmica en el espacio interior de un reactor de descomposición (5) en un proceso de síntesis posterior a la descomposición en un reactor de síntesis (10) en atmósfera de vapor de agua para formar monóxido de carbono e hidrógeno, llevándose a cabo la descomposición térmica como proceso anaeróbico, llegando una mezcla de carbono puro y material inorgánico, la cual se produce durante la descomposición térmica de las sustancias orgánicas (1), a través de una esclusa estanca a gas (9) desde el reactor de descomposición directamente (sin refrigeración y almacenamiento intermedio) al reactor de síntesis (10) y desacoplándose un gas que se produce durante la descomposición en el reactor de descomposición (5) a través de una salida de gas (11) desde el reactor de descomposición (5) y tratándose adicionalmente por separado, haciéndose reaccionar anaeróbicamente el carbono generado durante la descomposición térmica de las sustancias orgánicas (1) en el reactor de descomposición (5) en el proceso de síntesis posterior espacial y temporalmente a la descomposición en la atmósfera de vapor de agua en un intervalo de temperatura de 850 °C a 1000 °C en el reactor de síntesis (10), transcurriendo la descomposición térmica de las sustancias orgánicas y el proceso de síntesis como procesos endotérmicos y suministrándose la energía necesaria para ello alotérmicamente al proceso al acoplarse indirectamente en el respectivo espacio de reacción a través de las paredes de los reactores (5, 10) y/o a través de un portador de calor guiado en serpentines de calefacción, y usándose como reactores (5, 10) secciones de horno u hornos separados unos de otros de manera estanca al gas.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** como reactores (5, 10) se usan hornos tubulares.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que**, durante la descomposición térmica y el proceso de síntesis, las sustancias orgánicas (1) y el carbono se transportan continuamente, en particular con ayuda de tornillos sin fin de transporte (6, 21, 60, 73) y/o por rotación del horno.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** como sustancias orgánicas (1) para la formación de carburantes y gases combustibles se utilizan residuos vegetales, tales como madera o compost, biomasa, basura doméstica, residuos de plástico, lodos activados, despojos de carne, neumáticos viejos y similares, conteniendo en particular las sustancias orgánicas (1) utilizadas para formar los carburantes y gases combustibles del 5 % al 50 %, preferentemente del 15 % al 20 %, de humedad, que se ajusta preferentemente por un secado anterior a la descomposición térmica, y triturándose en particular las sustancias orgánicas (1) utilizadas para formar los carburantes y gases combustibles antes de la descomposición para formar partículas, en particular con un tamaño de partícula promedio en el intervalo de 2 mm a 5 mm, siendo preferentemente una medida de las partículas en una dimensión espacial de las partículas menor que 100 µm.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** durante la descomposición térmica de las sustancias orgánicas (1) se suministran aditivos funcionales al proceso.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** en el proceso de síntesis se hace reaccionar todo el carbono generado durante la descomposición térmica, descargándose como desechos residuales en particular solo productos de ceniza inorgánicos que se producen durante la descomposición.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** los carburantes y gases combustibles que se producen por la descomposición térmica y la mezcla gaseosa de monóxido de carbono-hidrógeno que se produce durante el proceso de síntesis se tratan adicionalmente por separado al condensarse respectivamente y/o someterse a una depuración de gas (16, 28), utilizándose en particular, en el caso de una depuración de gas (16) de los gases que se producen por la descomposición térmica, como líquidos de depuración aceites, en particular aceites vegetales, preferentemente aceite de colza, y suministrándose en particular, después de una depuración de gas (16) de los gases que se producen por la descomposición térmica y/o de la mezcla de monóxido de carbono-hidrógeno, un líquido de depuración cargado con sustancias sólidas, en particular con carbono, como material de entrada al proceso de la descomposición térmica de las sustancias orgánicas (1), en particular para aumentar su fluidez.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** el monóxido de carbono que se produce durante el proceso de síntesis se hace reaccionar catalíticamente con más vapor de agua en un proceso de cambio de gas de agua en un intervalo de temperatura de 250 °C a 450 °C para formar dióxido de carbono y más hidrógeno, separándose en particular el dióxido de carbono que se produce en el proceso de cambio de gas de agua, en particular por refrigeración por debajo de -60 °C, del



hidrógeno.

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8,

**caracterizado por que** las sustancias orgánicas (1) se introducen bajo gas protector en el proceso de la descomposición térmica.

5

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9,

**caracterizado por que** la descomposición térmica de las sustancias orgánicas (1) se realiza como pirólisis instantánea (*flash*) en un intervalo de temperatura de 300 °C a 600 °C, en particular a aproximadamente 475 °C, produciéndose, con respecto al 100 % de masa seca de las sustancias orgánicas, aproximadamente del 75 % al 85 % de carburantes y gases combustibles y aproximadamente del 15 % al 25 % de carbono.

10

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9,

**caracterizado por que** la descomposición térmica de las sustancias orgánicas (1) se realiza como termólisis de monocarbono en un intervalo de temperatura de 650 °C a 800 °C, produciéndose, con respecto al 100 % de masa seca de las sustancias orgánicas, predominantemente CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y carbono.

15

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11,

**caracterizado por que** la energía necesaria para la descomposición térmica de las sustancias orgánicas (1) y para el proceso de síntesis, al menos más del 80 %, preferentemente más del 95 %, se proporciona mediante la combustión de los carburantes y gases combustibles obtenidos a partir de las sustancias orgánicas (1) y/o por el calor que se produce en un proceso de cambio de gas de agua.

20

13. Dispositivo para llevar a cabo un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12, con un reactor (5) para la descomposición térmica de sustancias orgánicas (1) para formar carburantes y gases combustibles y para formar carbono, estando posconectado al reactor (5) para la descomposición térmica tecnológicamente un reactor de síntesis (10) para formar monóxido de carbono e hidrógeno a partir de vapor de agua y a partir del carbono formado en el reactor (5) para la descomposición térmica, siendo los reactores (5, 10) secciones de horno u hornos separados unos de otros de manera estanca al gas, que están unidos entre sí a través de una esclusa estanca al gas (9) para suministrar el carbono desde el reactor (5) para la descomposición térmica al reactor de síntesis (10), presentando el reactor (5) para la descomposición térmica una salida de gas (11) para desacoplar los gases que se producen en él con un refrigerador de gas (12) conectado, pudiendo calentarse los reactores (5, 10) en el respectivo espacio de reacción indirectamente a través de sus paredes y/o por portadores de calor guiados en serpentines de calefacción.

25

30

14. Dispositivo según la reivindicación 13,

**caracterizado por que** los reactores (5, 10) están dispuestos uno encima del otro, de manera que el carbono puede fluir bajo la acción de su propio peso desde el reactor (5) para la descomposición térmica al reactor de síntesis (10).

35

15. Dispositivo según la reivindicación 13 o 14,

**caracterizado por que** al menos en un reactor (5, 10) está dispuesto al menos un tornillo sin fin de transporte (6, 21, 60, 73) que se extiende axialmente, que mueve, por una parte, las sustancias orgánicas (1), sustancias inorgánicas y/o el carbono a través del reactor (5, 10) y, por otra parte, las rasca de las paredes (59) del reactor (5, 10) y las hace circular, presentando en particular el al menos un tornillo sin fin de transporte (6, 21, 60, 73), preferentemente en el reactor (5) para la descomposición térmica, riostras transversales (62), en particular aproximadamente trapezoidales en la sección transversal, que se extienden al menos por zonas a lo largo respecto a una carcasa del reactor (5), las cuales están moldeadas y dispuestas de tal manera que invierten, forman remolinos y/o rascan de una pared (59) del reactor (5) las sustancias orgánicas (1), las sustancias inorgánicas y/o el carbono durante un movimiento a través del reactor (5), y/o presentando el al menos un tornillo sin fin de transporte (6, 21, 60, 73), preferentemente en el reactor (5) para la descomposición térmica, riostras longitudinales (61, 64, 66, 69), en particular a modo de ala, aproximadamente en forma de hoz en la sección transversal, que se extienden longitudinalmente respecto a una carcasa del reactor (5), dispuestas oblicuamente respecto a rayos radiales a través del reactor, las cuales están moldeadas y dispuestas de tal manera que distribuyen las sustancias orgánicas (1), las sustancias inorgánicas y/o el carbono en una capa (67) de algunos milímetros de grosor sobre la pared del reactor durante un movimiento a través del reactor (5) y presionan contra la pared (59, 63) del reactor (5), y/o presentando el al menos un tornillo sin fin de transporte (6, 21, 60, 73), preferentemente en el reactor (5) para la descomposición térmica, riostras longitudinales que se extienden a lo largo respecto a una carcasa del reactor (5), las cuales están configuradas como rodillos de apriete (75) móviles libremente en la dirección radial y están fijadas y realizadas en el tornillo sin fin de transporte (6, 21, 60, 73) de tal manera que presionan las sustancias orgánicas (1), las sustancias inorgánicas y/o el carbono en una capa de algunos milímetros de grosor contra la pared (72) del reactor (5) y los trituran por un triturado por laminación contra la pared (72) del reactor (5).

40

45

50

55

60

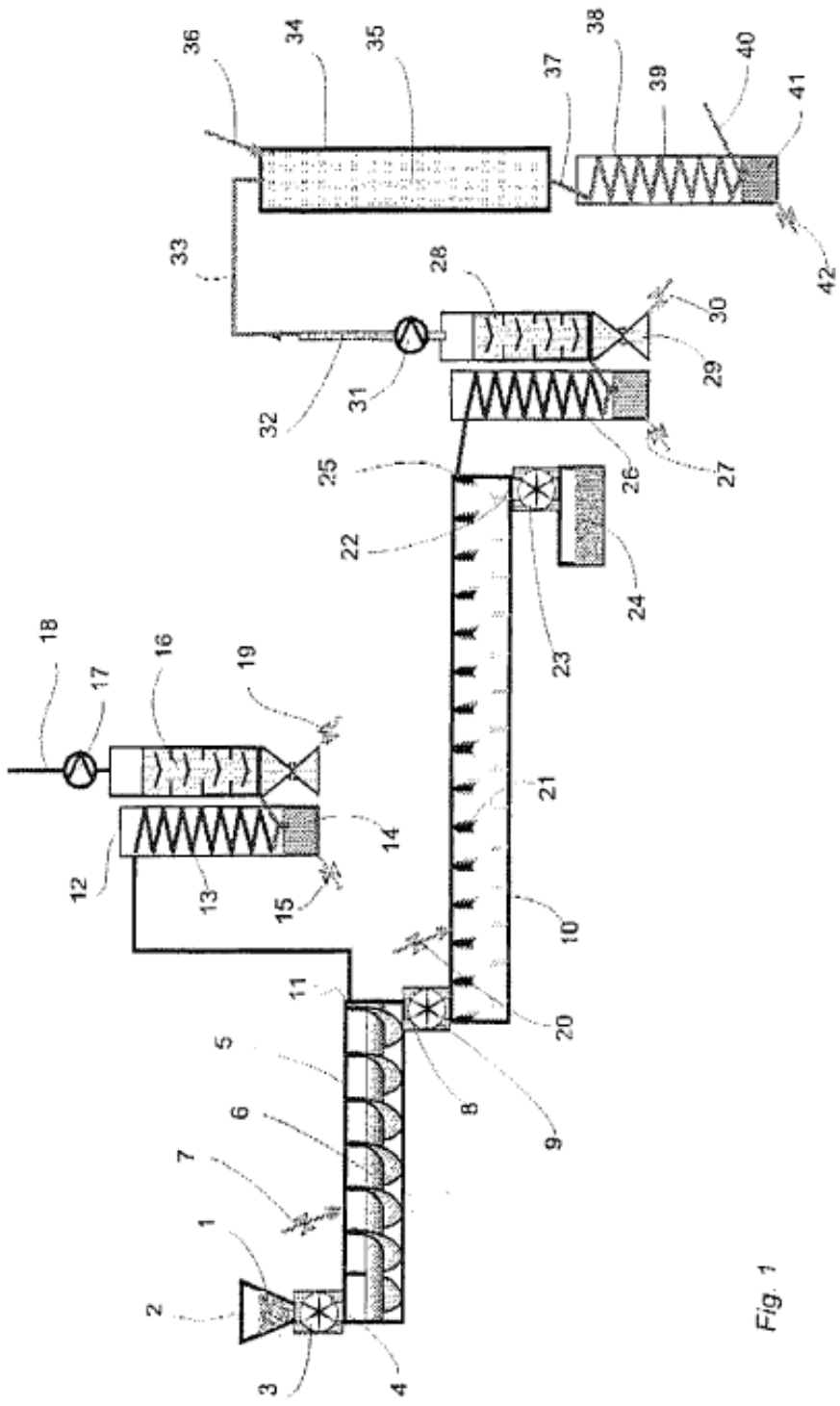


Fig. 1

