

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 079**

51 Int. Cl.:

C10B 49/16

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2001 E 01945334 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **09.04.2003 EP 1299502**

54 Título: **Método y dispositivo para la pirólisis y conversión en gas de mezclas de materiales que contienen componentes orgánicos**

30 Prioridad:

10.07.2000 DE 10033453

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

17.01.2013

73 Titular/es:

**KALINOWSKI-KRUMM, URSULA (100.0%)
Zollstrasse 10
57482 Wenden, DE**

72 Inventor/es:

**KRUMM, WOLFGANG;
FUNK, GÜNTER;
HAMEL, STEFAN y
MERTENS, CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 394 079 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

Método y dispositivo para la pirólisis y conversión en gas de mezclas de materiales que contienen componentes orgánicos.

5 La invención se refiere a un método para la pirólisis y conversión en gas de mezclas de materiales que contienen componentes orgánicos, y un dispositivo para la ejecución de tal método.

Estas mezclas pueden ser en particular residuos domésticos o desechos similares a los residuos domésticos así como productos que han sido obtenidos de residuos domésticos o desechos similares a los residuos domésticos.

10 Ya se conocen métodos y dispositivos para la pirólisis y conversión en gas de materiales orgánicos. La DE-PS 197 55 693 manifiesta un método para la conversión de materiales orgánicos en gas, en el cual los materiales orgánicos son conducidos a un reactor de pirólisis, en el cual ellos son mantenidos en contacto con un medio de transferencia de calor, con lo que tiene lugar una pirólisis. El reactor de pirólisis es un reactor de lecho móvil o un tambor giratorio. Los productos de pirolisis consisten en gases de pirolisis con materiales que pueden condensar y un residuo sólido que contiene carbono. El residuo sólido que contiene carbono y el medio de transferencia de calor son conducidos a
15 un horno, en el cual se incinera el residuo que contiene carbono y se calienta el medio de transferencia de calor y es conducido nuevamente al reactor de pirólisis. Los gases de pirólisis que contienen alquitrán son calentados adicionalmente en una segunda zona de reacción de modo que se obtiene un gas de síntesis purificado con elevado poder calorífico. Esto ocurre de manera que los gases de pirolisis que contienen alquitrán son conducidos a un intercambiador indirecto de calor, en el cual ellos reaccionan con un agente de reacción, por ejemplo vapor de agua. Los gases residuales del horno son conducidos de tal modo al intercambiador indirecto de calor, que se usa su contenido de calor para la reacción de los gases de pirólisis con el agente de reacción. Las cenizas del residuo sólido que contiene carbono y el medio de transferencia de calor retirados del horno son retornados al extremo de acceso para la materia orgánica en el reactor de pirólisis.

25 La inscripción alemana de patente no publicada de prioridad anterior 199 30 071.2 se refiere a un método y un dispositivo para la pirólisis y conversión en gases de materiales orgánicos, en los cuales la materia orgánica es colocada en un reactor de secado y pirólisis, en el cual ellos son puestos en contacto con el material de lecho fluido de un lecho fluido de combustión, mediante lo cual tiene lugar un secado y pirólisis, en el cual se transforman los materiales orgánicos, en vapor de agua del secado y productos de pirólisis. Los productos de pirolisis consisten en gases con sustancias que pueden condensar y residuos sólidos que contienen carbono. El residuo sólido que contiene carbono, dado el caso con fracciones de vapor de agua y los gases de pirolisis con sustancias que pueden condensar, y el material de lecho fluido son conducidos de retorno al lecho fluido de combustión, en el cual se incinera el residuo que contiene carbono de la materia orgánica, lo que calienta el material de lecho fluido y es conducido nuevamente al reactor de pirólisis. El vapor de agua del secado y los gases de pirolisis con sustancias que pueden condensar son tratados adicionalmente en otra zona de reacción de modo que surge un producto gaseoso con elevado poder calorífico. El lecho fluido de combustión, en el cual se incineran los residuos de pirólisis, es operado como lecho fluido estacionario. Los gases de pirolisis son conducidos a un intercambiador indirecto de calor, en el cual dado el caso ellos reaccionan con un agente de reacción como vapor de agua, oxígeno o aire o una mezcla de ellos. Los gases residuales del horno son puestos en contacto con el intercambiador indirecto del calor de modo que se usa su contenido de calor para la reacción de los gases de pirolisis con el agente de reacción.

40 En el método previamente conocido según la DEPS 197 55 693 y también el método según la inscripción alemana de patente de antigua prioridad 199 30 071.2 se emplea en cada caso un intercambiador indirecto de calor al cual se conduce el calor de los gases residuales del horno y a través del cual se conducen los gases de pirólisis. Esta forma de operar y el dispositivo requerido para la ejecución de tal método tienen sin embargo desventajas.

45 A partir de la WO-A-0 121 730 de antigua prioridad no publicada y de la DE-C-197 55 693 asociada no publicada, así mismo de antigua prioridad, se conoce un método para la pirólisis de mezcla de materiales que contienen componentes orgánicos, en el cual los materiales orgánicos son puestos en contacto en un reactor de pirolisis con un medio de transferencia de calor y son pirolizados, en el cual se incinera mediante suministro de aire el coque de pirólisis que surge por la pirólisis en un reactor de combustión y en el cual se purifica el gas crudo generado por la pirólisis en un reactor de craqueo.

50 Es objetivo de la invención proponer un método mejorado para la pirólisis y conversión en gas de mezclas de materiales que contienen componentes orgánicos, y un dispositivo mejorado para la ejecución de tal método.

Este objetivo fue logrado mediante un método con las características de la reivindicación 1 y mediante un método con las características de la reivindicación 2. Este además fue logrado mediante un dispositivo acorde con la invención con las características de la reivindicación 27 y mediante un dispositivo acorde con la invención con las características de la reivindicación 28. En las reivindicaciones subordinadas se describen mejoras propias ventajosas del método acorde con la invención y de los positivos acordes con la invención.

En el método acorde con la invención la materia orgánica o bien la mezcla de materiales que contiene componentes orgánicos se ponen en contacto en un reactor de pirólisis, con un medio de transferencia de calor de un reactor de combustión y son pirolizados. Preferiblemente el reactor de pirólisis es un reactor de pozo. Como reactor de combustión se emplea preferiblemente un reactor de lecho fluido. El medio de transferencia de calor es formado preferiblemente por las cenizas del reactor de combustión. También es posible emplear otro medio de transferencia de calor o bien material de lecho fluido. El medio de transferencia del calor o bien el material el lecho fluido puede contener cenizas del reactor de combustión o consistir exclusivamente o prácticamente exclusivamente en estas cenizas. Es ventajoso cuando la materia orgánica es puesta en contacto con el medio de transferencia de calor mediante la mezcla mutua con ella. La materia orgánica y el medio de transferencia de calor es puesta en contacto en el reactor de pirólisis o bien mezclada y secada y pirolizada. El coque de pirólisis que surge en la pirólisis es incinerado en el reactor de combustión o bien reactor de lecho fluido bajo suministro de aire.

De acuerdo con la invención, el gas crudo generado por la pirólisis es purificado en un reactor de craqueo. Esta purificación ocurre preferiblemente mediante un catalizador del cual está provisto el reactor de craqueo. Esta purificación o bien purificación catalítica ocurre preferiblemente mediante adición de vapor de agua.

En el método acorde con la invención ya no es necesario un transmisor de calor o bien un intercambiador de calor, al cual se conduzcan el calor de los gases de escape del horno del reactor de combustión y al cual se conduzcan los gases de pirólisis.

El método acorde con la invención es adecuado en particular para la pirólisis y conversión en gas de una mezcla de materia que fue obtenida de residuos domésticos o desechos similares a residuos domésticos. En ello, preferiblemente es una mezcla que fue producida de residuos domésticos o desechos similares a residuos domésticos según el siguiente método: Los residuos domésticos o bien los desechos similares a residuos domésticos son tratados adicionalmente en forma previa cuando se requiere, en particular son desmenuzados. A continuación ellos son transformados en compost en recipientes cerrados bajo aireación forzada, donde los componentes orgánicos son degradados. Después de un tiempo determinado de por ejemplo siete días - después de este tiempo los componentes que pueden ser degradados fácilmente por vía biológica, son degradados típicamente de forma completa o en una parte esencial - se detiene mediante secado la transformación en compost. El material es secado hasta una humedad residual de 15 % como máximo. En caso de ser necesario, puede entonces aún ser tratado adicionalmente. Tal material es llevado al comercio bajo los nombres Trockenstabilat ®.

Preferiblemente se emplea el coque de pirólisis del reactor de pirólisis como catalizador para el gas crudo. Mediante esto se emplea la acción catalítica del coque de pirólisis. Como catalizador para el gas crudo puede emplearse el coque de pirólisis sólo o con uno o varios otros catalizadores.

Otra mejora propia ventajosa se caracteriza porque mediante tamizado se separa una fracción fina de la materia orgánica antes de la pirólisis. La fracción fina puede ser separada también de otro modo. Preferiblemente se conduce la fracción fina separada por tamizado o separada de otro modo al reactor de combustión. La separación por tamizaje o bien otra separación y/o la conducción de la fracción fina al reactor de combustión son ventajosas en particular para el procesamiento del Trockenstabilat ®. Puesto que la fracción fina del Trockenstabilat ® contiene una elevada proporción de materiales inertes (cenizas) y perjudiciales, preferiblemente esta es separada por tamizado o bien separada de otro modo. Ella es conducida además preferiblemente directamente al tratamiento posterior en el reactor de lecho fluido. Con ello se alcanza la ventaja de que la carga de material contaminante del material de entrada (Trockenstabilat ®) es conducido al reactor de lecho fluido - por consiguiente sin el paso a través del reactor de pozo y el reactor de craqueo - para la purificación del gas de combustión. La purificación del gas de combustión es ejecutada según el escrito para la protección ambiental, vigente en Alemania a la fecha según el 17º decreto federal de control de emisiones (BlmSchV). Ello impide que la carga del material contaminante alcance el medio ambiente. Otra ventaja consiste en que aumenta el valor calorífico de la fracción gruesa respecto al material original, puesto que la fracción fina del Trockenstabilat ® contiene una proporción elevada de materiales inertes (cenizas).

Mediante la purificación o bien purificación catalítica del gas crudo puede generarse un gas de síntesis ("gas combustible"). Preferiblemente el gas de síntesis es aprovechado energéticamente en una turbina de gas o en otra máquina térmica. Es ventajoso cuando el gas de escape del aprovechamiento energético o bien de la turbina de gas o bien de la otra máquina térmica es conducido al reactor de combustión o bien reactor de lecho fluido. Adicionalmente a este gas de escape, puede conducirse aún aire al reactor de combustión o bien reactor de lecho fluido. También es posible no operar el reactor de combustión o bien reactor de lecho fluido con aire, sino exclusivamente con el gas de escape de la turbina de gas o de la otra máquina térmica. Esto es posible puesto que el gas de escape de la turbina de gas o bien de la otra máquina térmica tiene aún contenido notable de oxígeno, el cual puede estar en aproximadamente 17 %. Con esto es posible un aprovechamiento energético particularmente bueno.

Según otra mejora propia ventajosa, se enfría primero y/o se purifica el gas de síntesis, antes de que él sea empleado en la cámara de combustión de la turbina de gas u otra máquina térmica. El enfriamiento y/o purificación ocurre preferiblemente en un equipo de detención. Preferiblemente se evapora en agua residual del enfriamiento y/o la purificación, preferiblemente en un secador. El residuo de la evaporación (el residuo "concentrado") es conducido preferiblemente al reactor de combustión.

Otra mejora propia ventajosa se caracteriza porque mediante la purificación o bien purificación catalítica del gas crudo se genera un gas de síntesis. Preferiblemente se separa hidrógeno del gas de síntesis. El gas pobre remanente de la separación de hidrógeno es conducido preferiblemente al reactor de combustión. Allí puede ser aprovechado térmicamente.

Es ventajoso cuando el reactor de combustión o bien el reactor de lecho fluido son operados en dos etapas. Esto ocurre en particular añadiendo en el extremo inferior del reactor de combustión o bien reactor de lecho fluido menos aire que el requerido para una combustión estequiométrica. Mediante ello, las cenizas, que son conducidas al reactor de pirólisis o bien reactor de pozo, contienen aún coque el cual con ello ya tiene efecto catalítico en la parte superior del reactor de pirólisis (reactor de pozo, desgasificador). Por encima de la extracción de las cenizas del reactor de combustión o bien el reactor de lecho sólido se añade más aire para alcanzar una completa combustión y poder emitir el gas de escape –purificado– al ambiente.

Otra mejora propia ventajosa se caracteriza porque se emplea una zona del reactor de pirólisis o bien reactor de pozo como reactor de craqueo. Esto puede suceder de manera que el reactor de pirólisis o bien reactor de pozo y el reactor de craqueo son operados como una unidad "reactor de pirólisis-craqueo", de modo que una zona del reactor de pirólisis es empleada como catalizador (Fig. 6). Puede suceder además de manera que el reactor de craqueo se encuentra por encima del reactor de pirólisis o bien del reactor de pozo o bien que el reactor de craqueo se encuentre en la región superior del reactor de pirólisis o bien del reactor de pozo (Fig. 10).

Otra mejora propia ventajosa se caracteriza porque en el reactor de craqueo se purifica adicionalmente gas crudo purificado con una pila de catalizador en otro reactor (Fig. 7) o porque el reactor de craqueo está formado como reactor con una pila de catalizador. La pila de catalizador en el otro reactor puede consistir de uno o varios compuestos metálicos (catalizador permanente). Después de que el gas ha abandonado el reactor de craqueo, es conducido al otro reactor. El reactor de craqueo funciona en este caso como catalizador previo. Sin embargo, el reactor de craqueo no es entonces absolutamente necesario. También es posible obviar el reactor de craqueo, de modo que en este caso el otro reactor con la pila de catalizador puede actuar como verdadero reactor de craqueo para la purificación catalítica del gas crudo generado por la pirólisis.

Es particularmente ventajoso cuando en el reactor de craqueo se purifica adicionalmente gas crudo purificado en otro reactor con una pila de catalizador, cuando por siguiente aparte del primer otro reactor con una pila de catalizador está presente un segundo otro catalizador con una pila de catalizador. Para esto es particularmente ventajoso cuando el primer y el segundo otros catalizadores son activados de manera alternada. Por consiguiente del primer y el segundo otros catalizadores son operados de modo que están activos de modo alternante. Para esto es posible una segunda otra modificación propia ventajosa que consiste en que el primer y el segundo otros reactores pueden ser regenerados de modo alternante, es decir en cada caso entonces cuando el respectivo otro reactor está activo. La regeneración ocurre preferiblemente mediante gas de escape caliente del reactor de combustión o bien reactor de lecho fluido. También mediante el empleo de un primer otro reactor y un segundo otro reactor puede obviarse el reactor de craqueo. El primer y segundo otros reactores sirven entonces como verdaderos reactores de craqueo para la purificación catalítica del gas crudo generado por la pirólisis.

Otra modificación propia ventajosa se caracteriza porque el catalizador es añadido junto con el medio de transferencia de calor o bien porque el catalizador es efectivo junto con el medio de transferencia de calor. Como ya se describió, el coque de pirólisis del reactor de pirólisis puede ser empleado como catalizador para el gas crudo. Para eso se emplea el efecto catalítico del coque de pirólisis que se forma en el reactor de pirólisis o bien reactor de pozo. Para alcanzar esto, se integra el reactor de craqueo a la corriente de materia sólida del reactor de pirólisis o bien reactor de pozo en el reactor de combustión o bien reactor de lecho fluido. Teniendo en cuenta el nivel de temperatura fue sin embargo deseable un tratamiento del gas, por consiguiente una purificación catalítica del gas crudo, en la región del reactor de pirólisis o bien reactor de pozo, al cual se llevan las cenizas del reactor de combustión o bien reactor de lecho fluido, puesto que allí las cenizas (medio de transferencia de calor, material de lecho fluido) tienen el más alto nivel de temperatura.

Para lograr esto se conduce el método preferiblemente de modo que se añade el catalizador junto con el medio de transferencia de calor (cenizas) o bien es efectivo el catalizador junto con el medio de transferencia de calor (cenizas). Por ejemplo puede añadirse el catalizador en la región superior del reactor de pirólisis o bien reactor de pozo. Esto puede ocurrir junto con las cenizas. Sin embargo, el catalizador puede ser añadido también posteriormente. Además el catalizador puede ser tratado en un reactor de craqueo, al cual se añaden las cenizas.

Es posible emplear un catalizador permanente, por ejemplo óxido metálico. En el uso de un catalizador permanente surge un circuito a través del reactor de combustión o bien reactor de lecho fluido, donde en el horno tiene lugar la limpieza térmica del catalizador. Sin embargo pueden emplearse también un catalizador perdido, por ejemplo coque o carbón.

- 5 El dispositivo acorde con la invención para la pirólisis y conversión en gas de mezclas de materiales que contienen componentes orgánicos, que es adecuado en particular para la ejecución del método acorde con la invención, incluye un reactor de pirólisis, preferiblemente un reactor de pozo, al cual pueden conducirse la materia orgánica o bien la mezcla de material que contiene componentes orgánicos, preferiblemente Trockenstabilat ® y un medio de transferencia de calor, y un reactor de combustión, preferiblemente un reactor de lecho fluido, para la combustión del coque de pirólisis del reactor de pirólisis o bien reactor de pozo y para la generación del medio de transferencia de calor. Como medio de transferencia de calor se emplean preferiblemente las cenizas del reactor de combustión. De acuerdo con la invención, se provee un reactor de craqueo para la purificación del gas crudo generado por la pirólisis. Preferiblemente se provee el reactor de craqueo con un catalizador.

Otras mejoras propias ventajosas son descritas en las otras reivindicaciones subordinadas.

- 15 Mediante la invención se crea un método y un dispositivo mediante los cuales puede generarse un gas puro a partir de un combustible con un determinado contenido de cenizas y elevado contenido de sustancias volátiles, el cual es adecuado tanto para el empleo en procesos de turbinas a gas y motores de combustión como también para el aprovechamiento material, que por consiguiente es muy valioso. En ello se alcanza el propósito de no tener que emplear oxígeno industrial y que el gas de pirólisis no entre en contacto con gases inertes. La invención es particularmente adecuada para el procesamiento de Trockenstabilat ®. De ello se desprende que la fracción fina de Trockenstabilat ® contiene por un lado muchos materiales contaminantes por encima del promedio y por otro lado una fracción elevada de inertes (aproximadamente 50 % en peso), la contribución de la fracción fina a un gas de alto valor es por consiguiente baja y el efecto negativo sobre los costos de la purificación del gas de pirólisis es comparativamente alto. El medio de transferencia de calor es generado a partir del coque de pirólisis por la vía de la combustión. En ello, la totalidad del material de partida (materia orgánica, en particular Trockenstabilat ®) pasa la pirólisis con la fracción fina y contamina la purificación del gas. Preferiblemente se conduce la fracción fina directamente a la combustión; en el reactor de combustión se genera el medio de transferencia de calor a partir de esta fracción fina y el coque de pirólisis. Mediante ello los contaminantes volátiles de la fracción fina pueden ser retirados en la combustión y ser eliminados en la purificación del gas de combustión. Mediante ello se excluye que contaminantes de la fracción fina alcancen el gas de pirólisis y la purificación del gas sea innecesariamente cara y costosa.

- El gas de pirólisis que surge en la ejecución de la invención o bien gas de síntesis pueden ser empleados para la conducción material y energética, en particular para la generación de corriente, para la generación de calor, para la generación de metanol o para la generación de hidrógeno. Es posible generar gas rico en hidrógeno. La invención puede ser utilizada para la generación de corriente, en particular en una turbina de gas. El gas de escape de la turbina de gas puede ser empleado como aire de combustión y aire de fluidificación en el lecho fluido del reactor de lecho fluido. Sin embargo, la instalación tiene entonces que ser operada bajo presión o tiene que disponerse de un concentrador de gas de combustión. El horno en el reactor de combustión o bien reactor de lecho fluido conduce calor para el reactor de pirólisis. Mediante el lecho fluido se genera además, internamente el proceso, el medio de transferencia de calor, es decir cenizas. En tanto se emplee coque o bien coque de pirólisis como material catalizador, puede generarse éste así mismo internamente al proceso por conducción escalonada de aire al lecho fluido. Es posible una ejecución del método con combustión subestequiométrica. Además es posible hacer el tratamiento posterior de los gases de pirólisis directamente al desgasificador (reactor de pirólisis); la desgasificación y el craqueo pueden ocurrir por consiguiente en un reactor.

- 45 En lo que sigue se aclaran en detalle ejemplos de conducción de la invención, mediante la ilustración adjunta. En la ilustración

Fig. 1 muestra un dispositivo para la ejecución del método acorde con la invención para la pirólisis y conversión en gas de mezclas de materiales que contienen componentes orgánicos, en una representación esquemática,

- 50 Fig. 2 el dispositivo según la Fig. 1 con un tamiz para tamizar una fracción fina,

Fig. 3 el dispositivo según la Fig. 1 con una turbina de gas,

Fig. 4 el dispositivo según la Fig. 1 con una separación de hidrógeno,

Fig. 5 el dispositivo según la Fig. 1, donde el reactor de lecho fluido es operado en dos etapas,

- Fig. 6 el dispositivo según la Fig. 1, donde el reactor de pozo y el reactor de craqueo son operados como un componente "reactor de pirólisis-craqueo",
- Fig. 7 el dispositivo según la Fig. 1 con otro reactor con pila de catalizador,
- Fig. 8 la forma de operar según la Fig. 7 con otro (segundo) reactor con una pila de catalizador,
- 5 Fig. 9 la forma de operar según la Fig. 3 con un dispositivo de apagado y un secador y
- Fig. 10 otra forma de operar en la cual el catalizador es añadido o bien es efectivo junto con el medio de transferencia de calor.

La configuración mostrada en la Fig. 1 para la ejecución del proceso básico consiste en un reactor de pozo 1, un reactor de lecho fluido 2 y un reactor de craqueo 3. Al reactor de pozo 1 se conduce la materia orgánica, preferiblemente Trockenstabilat® 4, y el medio de transferencia de calor, preferiblemente cenizas 5, del reactor de lecho fluido 2. El estabilizado seco 4 llevado al reactor de pozo 1 es mezclado allí con las cenizas calientes 5 del reactor de lecho fluido 2. Se calienta el estabilizado seco y se desgasifica (pirolizado). Surge un gas, es decir el gas crudo 6, así como una materia sólida 7, es decir coque de pirólisis y cenizas. El gas crudo 6 abandona el reactor de pozo 1 por el extremo superior, la materia sólida 7 abandona el reactor de pozo 1 por el extremo inferior. El gas crudo 6 y la materia sólida 7 son conducidos al reactor de craqueo 3. Puesto que la materia sólida 7, es decir el coque de pirólisis allí presente, actúa como catalizador para la purificación del gas, se conduce el gas crudo 6 al reactor de craqueo 3 a través de la materia sólida caliente. Además, se añade aquí vapor de agua 8. Como resultado se obtiene un gas 9 purificado catalíticamente (gas de síntesis, gas de combustión). La materia sólida 10 del reactor de craqueo 3 (coque de pirólisis y cenizas) es llevada al reactor de lecho fluido 2 y allí es incinerada con aire 11. El gas de escape 12 del lecho fluido del reactor de lecho fluido 2 es purificado. Del reactor de lecho fluido 2 pueden retirarse además las cenizas que ya no son necesarias 13.

En la modificación mostrada en la Fig. 2 del proceso básico está presente adicionalmente un tamiz 14, al cual se conduce el Trockenstabilat® 4. La fracción gruesa 15 es conducida al reactor de pozo 1. La fracción fina 16 es conducida al reactor de lecho fluido 2.

En la modificación mostrada en la Fig. 3 se produce un gas de combustión 17, el cual es conducido a un concentrador 18 en una cámara de mezcla 19. Allí se mezcla el gas de combustión concentrado con aire 20, el cual había sido concentrado en un concentrador 21. La mezcla 22 es conducida a una turbina de gas 23 y allí es transformada en energía mecánica. Una parte de la energía mecánica de la turbina de gas 23 es empleada para impulsar el aire al concentrador 21. También el concentrador 18 puede ser operado mediante la turbina de gas 23 (no representado en la ilustración). El gas de escape 24 de la turbina de gas es conducido al reactor de lecho fluido 2. El gas producido en el reactor de craqueo 3 es empleado por la forma de operar según la Fig. 3 como gas de combustión 17 para un proceso de turbinas a gas. El reactor de lecho fluido 2 no es operado con aire sino con el gas de escape 24 de la turbina de gas 23. Esto es posible puesto que el gas de escape 24 de la turbina de gas 23 tiene todavía un contenido de oxígeno de aproximadamente 17 %.

En la modificación mostrada en la Fig. 4 se provee una separación de hidrógeno 25, a la cual es conducido al gas de síntesis 26 generado en el reactor de craqueo 3. El hidrógeno 27 separado es empleado posteriormente. El gas pobre 28 remanente con bajo valor calorífico es añadido al reactor de lecho fluido 2 para el uso térmico. Lógicamente, la separación de hidrógeno 25 ocurre a temperatura elevada, de modo que la fracción de alquitrán del gas de síntesis 26 no puede condensar. Para la separación de hidrógeno se emplea preferiblemente una membrana o bien un método de membrana o una instalación PSA.

En la forma de operar mostrada en la Fig. 5 se opera el reactor de lecho fluido 2 en dos etapas. En el extremo inferior del reactor de lecho fluido 2 se añade menos aire 11 que el necesario para una combustión estequiométrica. Mediante ello, las cenizas 5, que son conducidas al reactor de pozo 1 contienen aún coque, el cual con ello ya en la parte superior del reactor de pozo (desgasificador) 1 tiene efecto catalítico. Por encima de la extracción de las cenizas 5 del reactor de lecho fluido 2 se añade más aire, es decir aire secundario 29, para lograr una combustión completa y poder emitir el gas de escape 12 –purificado– al ambiente.

En la forma de proceder mostrada en la figura Fig. 6 se operan el reactor de pozo y el reactor de craqueo, como un componente, es decir como reactor de pirólisis-craqueo 30. En ello, se emplea como catalizador una zona 31, es decir la zona inferior del reactor de pirólisis 1.

En la forma de operar mostrada en la Fig. 7 está presente, adicionalmente al reactor de craqueo 3, otro reactor 32 con una pila de catalizador. El gas crudo purificado mediante el catalizador en el reactor de craqueo 3 es purificado adicionalmente en el otro reactor 32. Al reactor de craqueo 3 y al otro reactor 32 se conduce en cada caso vapor de

agua 8. Después de que el gas o bien gas de síntesis 9 abandonan el reactor de craqueo 3, se conducen al otro reactor 32, el cual está lleno con una pila de catalizador. Esta pila de catalizador consiste en uno o varios compuestos metálicos (catalizador permanente). El reactor de craqueo 3 funciona en este caso como pre-catalizador. En la forma de operar según la Fig. 7 fue posible también omitir el reactor de craqueo 3. En este caso ocurrió la purificación catalítica del gas crudo a través del reactor 32 con la pila de catalizador.

La Fig. 8 muestra un perfeccionamiento de la forma de operar según la Fig. 7. En este perfeccionamiento, aparte del primer otro reactor 32 con una pila de catalizador está presente un segundo otro reactor con una pila de catalizador. El gas de síntesis 9 del reactor de craqueo 3 es conducido alternativamente al primer otro reactor 32 y al segundo otro reactor 33. A los otros reactores 32, 33 activos en los respectivos tiempos, a los cuales se conduce el gas de síntesis 9, se conduce simultáneamente también vapor de agua 8. El en cada caso otro reactor 33, 32 puede ser regenerado entretanto. Para la generación se emplea el gas de escape 12 del reactor de lecho fluido 2. El gas de escape 34 que abandona el respectivo otro reactor 33, 32 puede ser conducido a una purificación de gas de escape.

También en la forma de operar según la Fig. 8 el reactor de craqueo 3 no es absolutamente necesario. Cuando el reactor de craqueo 3 no está presente, su tarea es realizada por los otros reactores 32, 33 o bien por el en cada caso otro reactor activo 32 o 33.

Como es evidente de la Fig. 8, se conduce el gas que abandona el reactor de craqueo 9 - el cual en este caso no es absolutamente necesario - al otro reactor 32, el cual está lleno con una pila de catalizador. Esta pila de catalizador consiste por ejemplo en uno o varios compuestos metálicos (como en la forma de operar según la Fig. 7). La eficacia de la pila de catalizador se reduce por componentes presentes en el gas de síntesis 9 como por ejemplo polvo, carbón, etc. Por ello, paralelo al primer otro reactor 32, existe un segundo otro reactor 33 con una segunda pila de catalizador, la cual es regenerada durante el tiempo activo del primer otro catalizador 32 mediante gas de escape caliente 12 del reactor de lecho fluido 2. En ello se calienta esta pila de catalizador del segundo otro reactor 33 mediante el gas de escape caliente 12 así como por las reacciones que transcurren. Una vez declina la eficacia de la pila de catalizador en el primer otro reactor 32, se conduce la corriente de gas del gas de síntesis 9 a la purificación a través de la pila de catalizador del segundo otro reactor 33, y se regenera la pila de catalizador del primer otro reactor 32 por medio del paso de gas de escape caliente 12 del reactor de lecho fluido 2.

La Fig. 9 muestra una modificación de la forma de operar mostrada en la Fig. 3, en la cual el gas de combustión 17 es conducido a través de un dispositivo para apagado 35 antes de la concentración 18. Antes de que el gas de combustión 17 sea concentrado en el concentrador 18 para la cámara de combustión 19, es enfriado en el dispositivo de apagado 35 y purificado. El agua residual 36 del dispositivo de detención 35 es dirigida a un secador 37, la cual es evaporada. Se condensa el vapor de escape del secador; ella puede ser emitida como agua residual 38 sin clarificación adicional. El residuo 39 "concentrado" del secador 37 contiene la totalidad de los componentes orgánicos. Es conducido al reactor de lecho fluido 2 y allí es tratado térmicamente. Como alternativa, es posible un tratamiento térmico directo de la totalidad del agua residual 36 que se forma en el dispositivo de apagado 35, en el lecho fluido del reactor de lecho fluido 2 (en este caso se conduce el agua residual 36 del dispositivo de apagado 35 inmediatamente, por consiguiente sin secador 37, como agua residual 39 al reactor de lecho fluido 2; no está representado en la ilustración).

En las formas de operar mostradas en las Fig. 1 a 9 se emplea la acción catalítica del coque de pirólisis formado en el reactor de pozo 1. En estas formas de operar, el reactor de craqueo 3 está integrado en la corriente de materia sólida del reactor de pozo 1 al reactor de lecho fluido 2. Teniendo en cuenta el nivel de temperatura era sin embargo deseable un tratamiento del gas en la región del reactor de pozo 1, a la cual se condujeran las cenizas 5 del reactor de lecho fluido 2, puesto que allí la materia sólida (las cenizas) tiene el más alto nivel de temperatura.

Para realizar esto, puede proveerse una ejecución del método según la Fig. 10. Aquí se añade un catalizador 40 a la zona superior del reactor de pozo 1. El reactor de pozo y el reactor de craqueo son operados también aquí como un componente, es decir como reactor de pirólisis-craqueo 30'. La adición del catalizador 40 a la zona superior del reactor de pozo 1 no tiene que ocurrir sin embargo inevitablemente con las cenizas 5 del reactor de lecho fluido 2. El catalizador puede ser añadido también de otro modo. Además, el catalizador puede estar presente en la zona superior del reactor de pozo 1, por consiguiente en la zona del reactor 30' de pirólisis-craqueo definido con 41. En la forma de operar según la Fig. 10 puede emplearse un catalizador permanente como por ejemplo óxido metálico. Puede emplearse sin embargo también un catalizador perdido como por ejemplo coque o carbón. En el uso de un catalizador permanente surge un circuito a través del reactor de lecho fluido 2, donde en el horno del reactor de lecho fluido 2 tiene lugar la purificación térmica del catalizador. El reactor de craqueo está integrado automáticamente al reactor de pozo 1, como lo está este al reactor de pirólisis-craqueo 30'.

REIVINDICACIONES

1. Método para la pirólisis y conversión en gas de mezclas de materiales que contienen componentes orgánicos, en el cual la materia orgánica (4) o bien la mezcla de materiales que contienen componentes orgánicos, son puestos en contacto en un reactor de pirólisis (1) con un medio de transferencia del calor de un reactor de lecho fluido de combustión (2) y son pirolizados,
- 5 en el cual la materia sólida (7), es decir coque de pirólisis y cenizas es conducida del reactor de pirólisis (1) a un reactor de craqueo (3) en el cual se purifica el gas crudo generado por la pirólisis,
- en el cual la materia sólida (10), es decir coque de pirólisis y cenizas, es llevada del reactor de craqueo (3) al reactor de lecho fluido de combustión (2) y es incinerada bajo admisión de aire (11), y
- 10 donde el medio de transferencia de calor consiste en las cenizas (5) del reactor de combustión (2).
2. Método para la pirólisis y conversión en gas de mezclas de materiales que contienen componentes orgánicos en el cual la materia orgánica (4) o bien la mezcla de materiales que contienen materia orgánica es puesta en contacto en un reactor de pirólisis (1) con un medio de transferencia de calor de un reactor de craqueo (41) y es pirolizada,
- 15 en el cual la materia seca (10), es decir coque de pirólisis y cenizas es llevada del reactor de pirólisis (1) a un reactor de lecho fluido de combustión (2) y es incinerada bajo admisión de aire (11) y en el cual el medio de transferencia de calor del reactor es conducido del lecho fluido de combustión (2) al reactor de craqueo (41), en el cual se purifica el gas crudo generado por la pirólisis,
- donde el medio de transferencia de calor consiste en cenizas (5) del reactor de combustión (2).
3. Método según una de las reivindicaciones precedentes **caracterizado porque** se provee un catalizador al reactor de craqueo (3, 41).
- 20 4. Método según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la purificación es ejecutada mediante adición de vapor de agua (8).
5. Método según una de las reivindicaciones precedentes **caracterizado porque** el coque de pirólisis (7) del reactor de pirólisis (1) es empleado como catalizador para el gas crudo (6).
- 25 6. Método según una de las reivindicaciones precedentes **caracterizado porque** antes de la pirólisis se separa (14) una fracción fina (16) de la materia orgánica (4) (Fig. 2).
7. Método según la reivindicación 6, **caracterizado porque** la fracción fina (16) separada (14) es conducida al reactor de combustión (2).
8. Método según una de las reivindicaciones precedentes **caracterizado porque** mediante la purificación del gas crudo se genera un gas de síntesis (17).
- 30 9. Método según la reivindicación 8, **caracterizado porque** el gas de síntesis (17) es aprovechado energéticamente en una turbina de gas (23) (Fig. 3; Fig. 9).
10. Método según la reivindicación 9, **caracterizado porque** el gas de escape (24) es conducido del aprovechamiento energético (23) al reactor de combustión (2).
- 35 11. Método según una de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado porque** el gas de síntesis (17) es enfriado primero y/o purificado (35) (Fig. 9).
12. Método según la reivindicación 11, **caracterizado porque** el agua residual (36) del enfriamiento y/o purificación (35) es evaporada (37).
- 40 13. Método según la reivindicación 12, **caracterizado porque** el residuo (39) de la evaporación (37) es conducido al reactor de combustión (2).
14. Método según una de las reivindicaciones precedentes **caracterizado porque** mediante la purificación del gas crudo (6) se genera un gas de síntesis (9, 26).

15. Método según la reivindicación 14, **caracterizado porque** se separa (25) hidrógeno (27) del gas de síntesis (26) (Fig. 4).
16. Método según la reivindicación 15, **caracterizado porque** el gas pobre (28) remanente en la separación de hidrógeno (25) es conducido al reactor de combustión (2).
- 5 17. Método según una de las reivindicaciones precedentes **caracterizado porque** el reactor de combustión (2) es operado en dos etapas (Fig. 5).
18. Método según una de las reivindicaciones precedentes **caracterizado porque** una zona del reactor de pirólisis (1) es empleada como reactor de craqueo (Fig. 6; Fig. 10).
- 10 19. Método según una de las reivindicaciones precedentes **caracterizado porque** el gas crudo (6) purificado en el reactor de craqueo (3) es purificado adicionalmente en otro reactor (32) con una pila de catalizador (Fig. 7) o porque el reactor de craqueo está formado como reactor con una pila de catalizador.
20. Método según la reivindicación 19, **caracterizado porque** el gas crudo (6) purificado en el reactor de craqueo (3) es purificado adicionalmente en otro reactor (33) con una pila de catalizador, donde el primer otro reactor (32) y el segundo otro reactor (33) son activados alternativamente (Fig. 8).
- 15 21. Método según la reivindicación 20, **caracterizado porque** el primer otro reactor (32) y el segundo otro reactor (33) son regenerados preferiblemente de modo alternativo, preferiblemente mediante gas de escape caliente (12) del reactor de combustión (2).
22. Método según una de las reivindicaciones 19 a 21, **caracterizado porque** se suprime el reactor de craqueo (3) y el otro reactor (32) o los otros reactores (32, 33) realizan la purificación del gas crudo.
- 20 23. Método según una de las reivindicaciones precedentes **caracterizado porque** el catalizador es añadido o bien es efectivo junto con el medio de transferencia de calor (Fig. 10).
24. Método según la reivindicación 23, **caracterizado porque** el catalizador (40) es añadido al medio de transferencia de calor (5).
25. Método según la reivindicación 23 o 24, **caracterizado porque** se emplea un catalizador permanente.
- 25 26. Método según una de las reivindicaciones 23 a 25, **caracterizado porque** se emplea un catalizador perdido.
- 27 Dispositivo para la pirólisis y conversión en gas de mezclas de materiales que contienen componentes orgánicos, en particular para la ejecución del método según una de las reivindicaciones 1 y 3 a 26
- con un reactor de pirólisis (1), preferiblemente un reactor de pozo, un reactor de lecho fluido de combustión (2) y un reactor de craqueo (3),
- 30 donde la materia orgánica (4) o bien la mezcla de materiales que contienen componentes orgánicos y un medio de transferencia de calor (5) pueden ser conducidos del reactor de lecho fluido de combustión (2) al reactor de pirólisis (1),
- donde pueden conducirse la materia seca (7), es decir coque de pirólisis y cenizas del reactor de pirólisis (1) y el gas crudo generado mediante la pirolisis al reactor de craqueo (3),
- 35 donde la materia seca (10), es decir el coque de pirólisis y cenizas, del reactor de craqueo (3) puede ser llevada al reactor de lecho fluido de combustión (2) y puede ser incinerada mediante adición de aire y donde el medio de transferencia de calor consiste en las cenizas (5) del reactor de combustión (2).
28. Dispositivo para la pirólisis y conversión en gas de mezclas de materiales que contienen componentes orgánicos, en particular para la ejecución del método según una de las reivindicaciones 2 a 26,
- 40 con un reactor de pirólisis (1), preferiblemente un reactor de pozo, un reactor de lecho fluido de combustión (2) y un reactor de craqueo (41),
- donde la materia orgánica (4) o bien la mezcla de materiales que contienen componentes orgánicos y un medio de transferencia de calor (5) pueden conducirse del reactor de craqueo (41) al reactor de pirólisis (1),

donde la materia sólida (10), es decir coque de pirólisis y cenizas del reactor de pirólisis (1) puede ser llevada al reactor de lecho fluido de combustión (2) y puede ser incinerada bajo la admisión de aire,

donde el medio de transferencia de calor del reactor de lecho fluido de combustión (2) y el gas crudo generado por la pirólisis pueden ser conducidos al reactor de craqueo (41) y

5 donde el medio de transferencia de calor consiste en la cenizas (5) del reactor de combustión (2).

29. Dispositivo según la reivindicación 27 o 28, **caracterizado porque** en el reactor de craqueo (3, 41) se provee un catalizador.

30. Dispositivo según la reivindicación 27 o 28, **caracterizado por** un tamiz (14) para la tamización u otro dispositivo de separación para la separación de una fracción fina (16) de la materia orgánica (4) (Fig. 2).

10 31. Dispositivo según una de las reivindicaciones 27 a 30, **caracterizado por** una turbina a gas (23) para el aprovechamiento energético del gas de síntesis (17) del reactor de craqueo (3, 41)

32. Dispositivo según la reivindicación 31, **caracterizado por** un elemento de apagado (35) para el enfriamiento y/o purificación del gas de síntesis (9).

15 33. Dispositivo según la reivindicación 32, **caracterizado por** un secador (37) para el enfriamiento y/o purificación del agua residual (36) del elemento de apagado (35).

34. Dispositivo según una de las reivindicaciones 27 a 33, **caracterizado por** una separación de hidrógeno (25) para la separación de hidrógeno (27) del gas de síntesis (26) del reactor de craqueo (3,41)

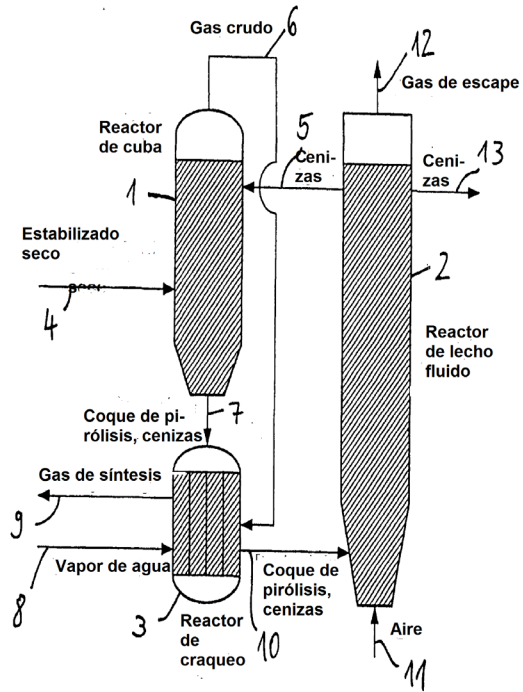
35. Dispositivo según una de las reivindicaciones 27 a 34, **caracterizado porque** el reactor de combustión (2) puede ser operado en dos etapas.

20 36. Dispositivo según una de las reivindicaciones 27 a 35, **caracterizado porque** el reactor de pirólisis (1) o bien reactor de pozo y el reactor de craqueo (3) son operados como un componente, preferiblemente como reactor de pirólisis-craqueo (30, 30').

37. Dispositivo según una de las reivindicaciones 27 a 36, **caracterizado por** otro reactor (32) con una pila de catalizador.

25 38. Dispositivo según la reivindicación 37, **caracterizado por** un segundo otro reactor (33) con una pila de catalizador.

FIG. 1



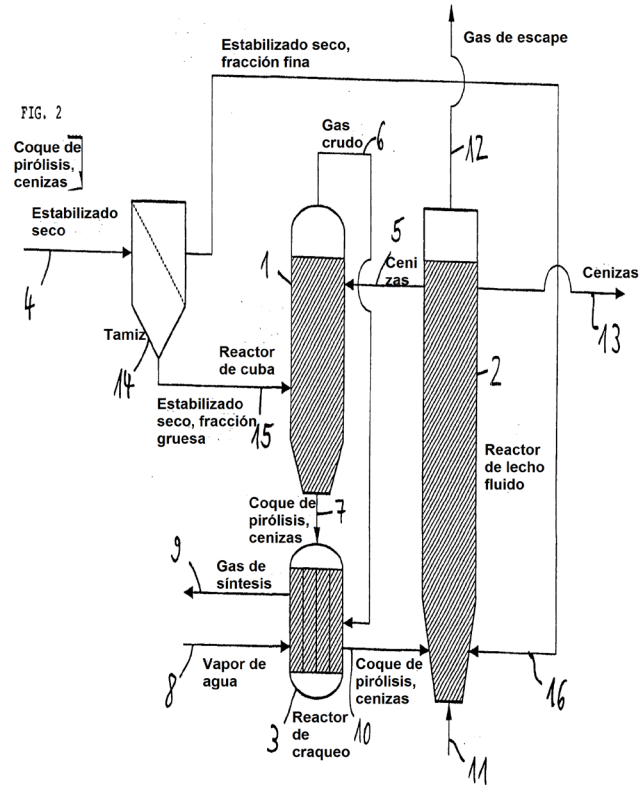


FIG. 3

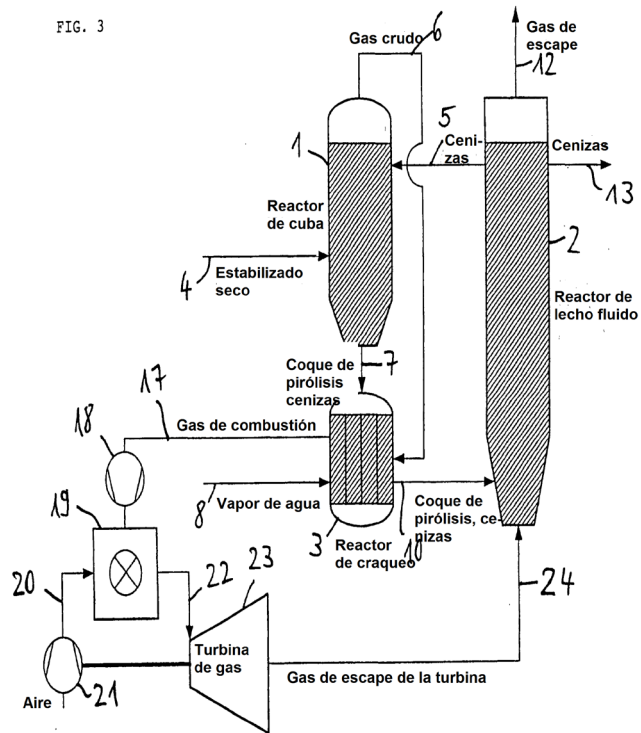


FIG. 4

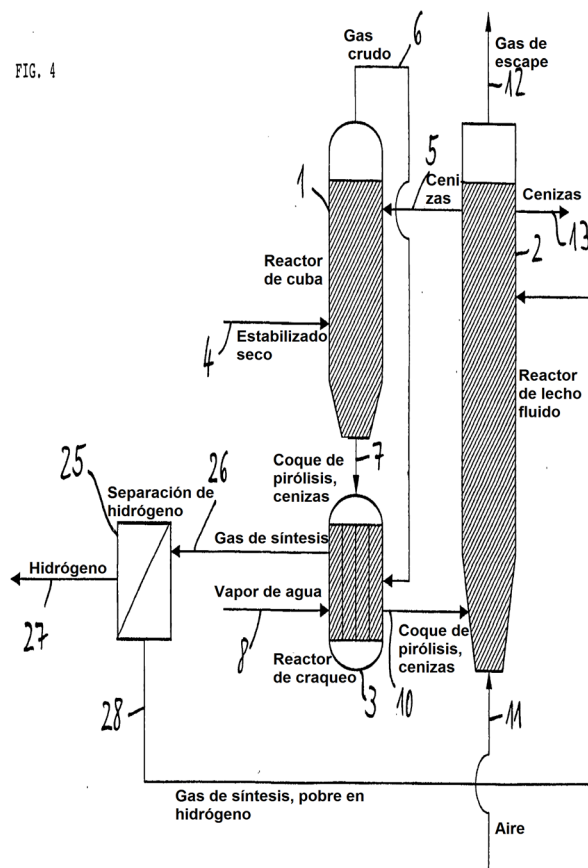


FIG. 5

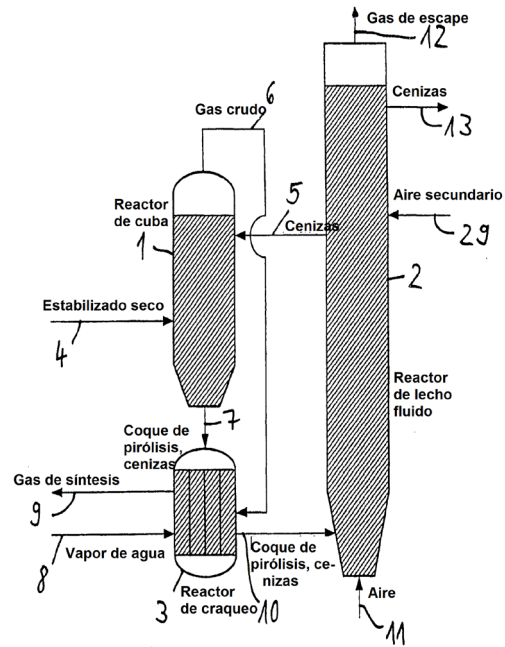


FIG. 6

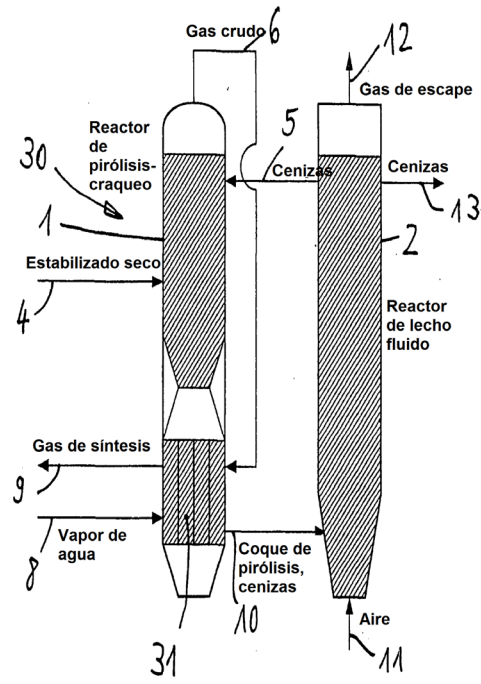


FIG. 7

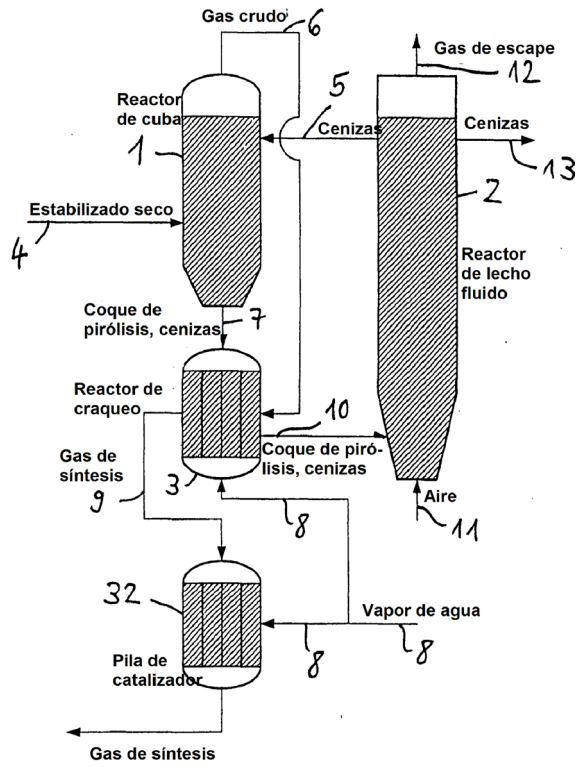
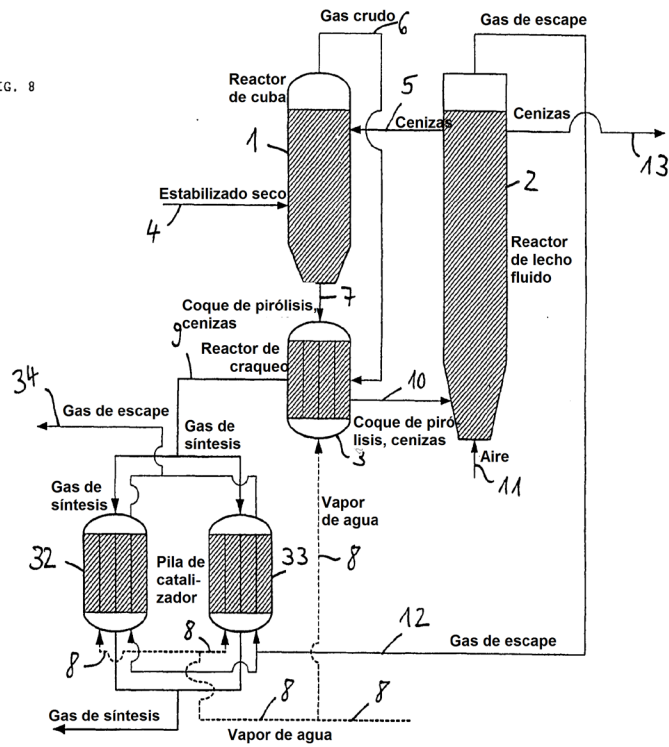


FIG. 8



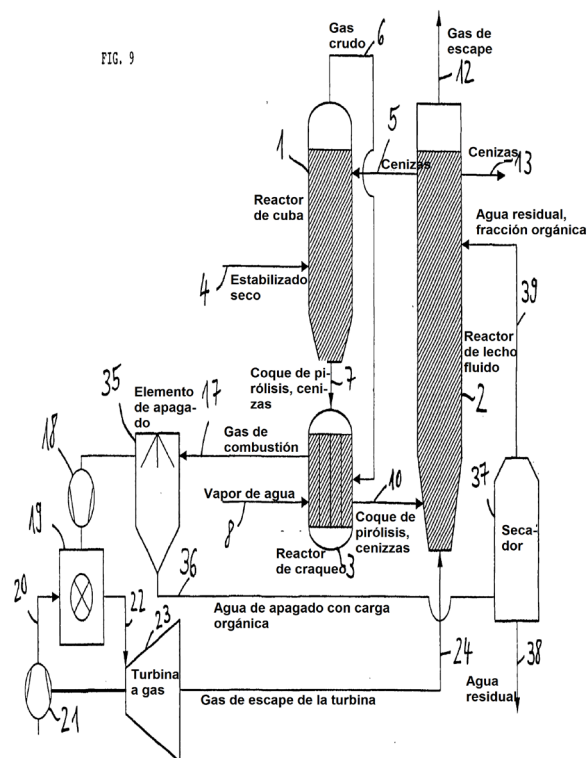


FIG. 10

