

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 753 140**

51 Int. Cl.:

C10G 1/00 (2006.01)

C10G 1/02 (2006.01)

C10G 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.05.2010 PCT/DE2010/000499**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.11.2010 WO10127664**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.05.2010 E 10723913 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019 EP 2427533**

54 Título: **Procedimiento de pirólisis y dispositivo para la realización del procedimiento**

30 Prioridad:

05.05.2009 DE 102009019734

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

07.04.2020

73 Titular/es:

**PYRUM INNOVATIONS INTERNATIONAL S.A.
(100.0%)**

**82 route d'Arlon
1150 Luxembourg**

72 Inventor/es:

SCHULZ, KLAUS-PETER

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 753 140 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 de pirólisis y dispositivo para la realización del procedimiento

5 La invención se refiere a un procedimiento de pirólisis para la recuperación fraccionada de materiales y energía de compuestos orgánicos reticulados de alto peso molecular, en particular de granulados de neumáticos usados, de perfiles de obturación y otros granulados de plásticos, así como a un dispositivo para la realización del procedimiento.

10 La recuperación de materia prima de desechos y sustancias residuales adquiere cada vez más importancia debido a la creciente escasez y el encarecimiento debido a ello de materias primas, especialmente de las fuentes de energía fósiles. Al acceso a nuevas fuentes de energía y nuevos procedimientos, especialmente de las energías renovables, se le dispensa cada vez atención y apoyo. A este respecto experimenta un interés creciente la tecnología de pirólisis, que se concentra especialmente sin embargo en el aprovechamiento de materias primas biológicas renovables, tal como por ejemplo madera, desechos agrícolas o sin embargo también en colza, maíz y otros tipos de cereales.

Según el estado de la técnica se realiza la clasificación de los procedimientos de pirólisis en procedimientos continuos y discontinuos. Según la realización de los aparatos y tecnologías se realiza la clasificación en

- 20 • procedimientos en hornos rotativos tubulares y otros aparatos giratorios
- procedimientos en lecho fluidizado o bien lecho fluido
- procedimientos en flujo arrastrado
- procedimientos en reactores de cuba y verticales.

25 Además se realiza la clasificación de los procedimientos de pirólisis hasta ahora conocidos en

- procedimientos a baja temperatura
- procedimientos a temperatura media (y)
- 30 • procedimientos a alta temperatura,

diferenciándose además los procedimientos dependiendo de las presiones de funcionamiento.

35 A pesar del muy rápido desarrollo técnico y tecnológico existe además una gran necesidad de perfeccionamientos innovadores y de interconexiones con los procedimientos base y tecnologías ya existentes. A este respecto tiene importancia continuamente creciente el uso de aparatos y equipos probados en la práctica, ya que a este respecto han de esperarse efectos sinérgicos.

40 El documento WO 00/64997 A1 da a conocer un procedimiento y un dispositivo para la conversión de residuos de plástico en hidrocarburos combustibles que comprende una separación térmica a aproximadamente 450 °C y presión ambiente de los residuos de plástico así como su licuefacción y posterior conversión en hidrocarburos gaseosos.

45 El documento EP 1 052 279 A1 describe igualmente un dispositivo para la conversión de residuos de plástico, en el que de una fase polimérica líquida se separa un componente de gas.

Por el documento US 4.740.270 A, el documento US 4.648.328 A y el documento WO 00/53385 A1 se conocen procedimientos de pirólisis para neumáticos usados.

50 El documento US 4.313.011 A describe un procedimiento para la obtención de hidrocarburos de plantas.

En el documento DE 196 20 378 A1 se describe un reactor de pirólisis, en particular para la conversión de grasas de desechos.

55 El documento DE 197 07 306 A1 se refiere a un procedimiento para la obtención de microceras, parafinas y aceites de plásticos usados o mezclas de plásticos usados.

60 El objetivo de la invención es desarrollar un procedimiento de pirólisis energéticamente autárquico, de funcionamiento continuo de múltiples etapas y un correspondiente dispositivo para la realización de la pirólisis de acuerdo con el preámbulo.

Este objetivo se consigue de acuerdo con la invención debido a que

- los compuestos orgánicos recorren un reactor de pirólisis de múltiples etapas, vertical de arriba a abajo, en el que éstos se pirolizan mediante temperaturas de procedimiento que pueden ajustarse de manera distinta en el
- 65 intervalo de temperatura de 300 a 1.200 °C y distintos tiempos de permanencia, y en una zona de separación se

transporta el vapor de pirólisis retirado por medio de vacío parcial a una torre de condensación de múltiples etapas, realizándose la condensación de las fases de vapor de pirólisis para dar aceites de pirólisis en las respectivas etapas de condensación en fases mixtas a distintas temperaturas con respecto al producto y por debajo de la presión atmosférica normal,

- 5 • los compuestos orgánicos antes del reactor de pirólisis recorren una etapa de tratamiento previo, en la que éstos se calientan previamente con aceites de pirólisis procedentes de las etapas de condensación, debido a ello se despolimerizan en la superficie y con ello se vuelven pegajosos, y se empolvan con una mezcla de catalizador pulverizada, de modo que el catalizador mixto en forma de polvo añadido puede fijarse en esto, que influye en el proceso de craqueo que sigue posteriormente de manera dirigida por el objetivo en cuanto a la formación de producto,
- 10 • el gas permanente rico en energía generado durante el procedimiento se transforma en energía eléctrica y energía térmica en una unidad de generación de energía eléctrica.

15 Mientras que los compuestos orgánicos recorren las etapas de pirólisis individuales del reactor, tienen lugar distintas reacciones de pirólisis.

En el caso de los productos generados mediante este procedimiento se trata de mezclas de aceites con puntos de ebullición bajos, medios y altos, de un gas permanente de bajo peso molecular y de un coque de pirólisis, que se asemeja en sus propiedades físicas y químicas a coque de petróleo.

20 Debido a que los compuestos orgánicos antes del reactor de pirólisis recorren una etapa de tratamiento previo, en la que éstos se calientan previamente con aceites de pirólisis procedentes de las etapas de condensación, debido a ello se despolimerizan en la superficie y con ello se vuelven pegajosos, y se empolvan con una mezcla de catalizador pulverizada, puede fijarse en esto el catalizador mixto en forma de polvo añadido, que influye en el proceso de craqueo que sigue posteriormente de manera dirigida por el objetivo en cuanto a la formación de producto.

La energía eléctrica y térmica generada según esto garantiza el suministro de energía autárquico del procedimiento de pirólisis.

30 La mezcla de catalizador provoca por un lado que se una el azufre que se libera al sitio de producción de los vapores de pirólisis y por otro lado se inicie el proceso de craqueo de manera dirigida.

35 Una realización preferente de la invención consiste en que la energía térmica necesaria para el proceso de pirólisis se genera mediante la energía eléctrica generada en el propio dispositivo de una unidad de generación de energía eléctrica, preferentemente a través de elementos de calefacción eléctricos, mediante magnetrones de microondas o mediante la combustión del gas permanente producido durante el procedimiento.

40 Una generación de energía térmica clásica mediante combustión del gas permanente producido en el proceso es igualmente posible, sin embargo no se tienen como objetivo de manera primaria.

Ha resultado ventajoso que el calentamiento de los compuestos orgánicos se realiza indirectamente a través de la pared exterior del tubo interno del reactor de pirólisis.

45 En un dispositivo para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención es conveniente que esté previsto un reactor de pirólisis de múltiples etapas, vertical, por el que pueden recorrer los compuestos orgánicos de arriba a abajo y en el que pueden ajustarse de manera gradual distintas temperaturas de procedimiento de 300 a 1.200 °C, que esté prevista una zona de separación, presentando medios para la retirada de vapor de pirólisis por medio de vacío parcial y para el transporte del vapor de pirólisis en una torre de condensación de múltiples etapas, que antes del reactor de pirólisis esté dispuesta una etapa de tratamiento previo con medios para el calentamiento previo de los compuestos orgánicos con aceites de pirólisis procedentes de las etapas de condensación y con medios para el empolvado con una mezcla de catalizador pulverizada, y que esté prevista una unidad de generación de energía eléctrica para la conversión del gas permanente rico en energía generado durante el procedimiento en energía eléctrica y energía térmica.

55 Una realización preferente de la invención consiste en que la mezcla de vapor de pirólisis producida en una se selecciona y se condensa de manera dirigida y rápidamente de manera orientada al producto en una torre de condensación por inyección de múltiples etapas, para evitar una nueva formación de compuestos de hidrocarburos de cadena larga.

60 A la invención pertenece que como reactor de pirólisis se use un recipiente a presión vertical con una presión nominal mínima de PN 16, cuya forma puede estar realizada preferentemente de manera cilíndrica, como alternativa sin embargo también de manera ovalada o en forma de paralelepípedo y está constituido por varias zonas de pirólisis dispuestas una sobre otra.

65 En este contexto es ventajoso que estén previstos medios para el calentamiento eléctrico indirecto del tubo interno

del reactor de pirólisis y que para la separación por succión de los vapores de pirólisis producidos mediante vacío parcial esté previsto un sistema de ranura en la superficie de revestimiento de los módulos internos.

5 Igualmente a la invención pertenece que en el interno del reactor de pirólisis se encuentren módulos internos dispuestos de manera concéntrica, que por un lado desvían el flujo de granulado y por otro lado permiten la descarga de los vapores de pirólisis del reactor.

10 Ha resultado ventajoso que el revestimiento externo del reactor se realice en chapa para calderas H II u otros materiales, que el revestimiento interno y los módulos así como el tubo de salida de vapor se fabriquen de material térmicamente estable tal como por ejemplo 1,4828, AVESTA 253, 353 MA, Nicrofer 45 TV o materiales similares, de modo que puedan alcanzarse temperaturas de funcionamiento de hasta 1.200 °C.

15 Además a la invención pertenece que la entrada y salida de granulado se realice a través de un sistema de exclusas sincronizado, que dispone de unidades de inertización que pueden controlarse y regularse de manera automática y que a través de la frecuencia de ciclo que puede seleccionarse libremente del sistema de exclusa se regule la cantidad de caudal en el reactor de pirólisis.

20 A la invención pertenece además que a cada módulo de pirólisis está asignada una unidad de condensación por inyección, que está constituida por al menos dos, preferentemente de tres a cuatro etapas individuales (8, 9, 10) , que están unidas entre sí espacialmente y preferentemente pueden estar dispuestas una sobre otra, sin embargo también una junto a otra y en las que se seleccionan y se condensan las mezclas de vapor de pirólisis.

25 Ha resultado ventajoso que a cada etapa de condensación se asignan un intercambiador de calor que se encuentra fuera, una bomba de circulación/inyección, un generador de vacío, así como conductos con correspondientes accesorios.

30 A la invención pertenece que las etapas de condensación se realicen preferentemente en forma circular y en el interior se encuentren boquillas de inyección en espiral dispuestas de manera concéntrica, opcionalmente boquillas tangenciales, tubos conductores y separadores de gotas.

Ha resultado especialmente ventajosa la realización de la primera etapa de condensación constituida por dos agregados, un recipiente inferior horizontal y un condensador que se encuentra verticalmente sobre éste con una bomba de vacío por chorro de líquido integrada en el interior y un tubo conductor.

35 Igualmente pertenece a la invención que a cada módulo de pirólisis, que está constituido por etapa de tratamiento previo, etapa de pirólisis, etapa de condensación, etapa de tratamiento de sólidos, etapa de tratamiento de aceites y etapa de tratamiento de gases, se asigna una unidad de generación de energía.

40 Por ejemplo, esta unidad de generación de energía está constituida por un motor de gas con generador de corriente alterna acoplado, una unidad de recuperación de calor así como diversas unidades de regulación y control que permiten un suministro de energía autárquico del módulo de pirólisis.

45 Se encuentra también en el contexto de la invención que los gases de escape producidos durante la combustión del gas permanente en el motor de gas recorran una etapa de purificación de gas de escape, que está constituida por filtros de hollín y de partículas de polvo fino, catalizador y amortiguador del sonido, de modo que éstos cumplan de manera segura las normas de gases de escape de la UE requeridas actualmente.

50 También pertenece a la invención que el procedimiento de pirólisis que trabaja de manera continua trabaje de manera libre de residuos, y que en el caso de todos los productos producidos se trate de materiales reutilizables y no de desechos.

55 En resumen se crean en el contexto de la invención un procedimiento de pirólisis de temperatura media que trabaja de manera continua, de múltiples etapas, energéticamente autárquico y un dispositivo en modo de construcción de módulos, que permiten recuperar compuestos orgánicos reticulados de alto peso molecular, que pueden fluir, en particular granulados de neumáticos usados, de perfiles de obturación y otros granulados de plásticos en el sentido de una reutilización de materia prima de reciclados en forma de gas, líquidos o sólidos para la industria del caucho, de plásticos y del petróleo.

A continuación se describe un ejemplo de realización de la invención por medio de dibujos y tablas.

60 Muestra

la figura 1 un diagrama de bloques.

65 Tal como es evidente a partir de la figura 1, los compuestos orgánicos, en el caso de los cuales se trata en el ejemplo mostrado de granulados de caucho y de plástico, recorren en el dispositivo de acuerdo con la invención una

unidad de almacenamiento 1, una unidad de dosificación 2 y una etapa de tratamiento previo 3. La entrada y salida de granulados se realiza preferentemente a través de un sistema de exclusas de ruedas celulares sincronizadas, que dispone de unidades de inertización que pueden controlarse y regularse de manera automática, regulándose a través de la frecuencia de ciclo o bien a través de una regulación del número de revoluciones del sistema de exclusas la cantidad de caudal y el tiempo de permanencia en el reactor de pirólisis.

En la etapa de tratamiento previo 3 se calientan previamente los granulados con aceite de pirólisis procedente de las etapas de condensación de la instalación, debido a ello se despolimeriza en la superficie del granulado y con ello se vuelve pegajoso, de modo que puede adherirse a la superficie del granulado un catalizador mixto en forma de polvo añadido en la etapa de tratamiento previo 3. A continuación, recorren los granulados un reactor de pirólisis de múltiples etapas vertical 4 de manera gravimétrica de arriba a abajo, en el que éstos pueden calentarse preferentemente mediante elementos de calefacción eléctricos o sin embargo mediante magnetrones de microondas en las distintas zonas de pirólisis dispuestas una sobre otra hasta temperaturas de procedimiento que pueden regularse individualmente de 300 a 1200 °C. Mediante una regulación de la temperatura y del vacío parcial es posible controlar la distribución del producto de pirólisis, o sea las proporciones en masa producidas de coque, de aceite y gas permanente en límites definidos.

Dado que se forman durante la pirólisis mezclas de gases que pueden explotar, se realiza el reactor de pirólisis preferentemente como recipiente a presión en una etapa de presión nominal PN 16, pudiéndose producir absolutamente también otras etapas de presión nominal del producto presión nominal x contenido volumétrico.

Los granulados forman en la parte superior del reactor de pirólisis 4 un lecho apilado uniforme, que sin embargo se mezcla de manera intensiva durante el recorrido gravimétrico por módulos internos en las etapas del reactor, de modo que se forma un perfil de temperatura casi uniforme en el apilamiento. Los módulos internos están configurados además de modo que en su superficie de revestimiento se encuentran sistemas de ranura que por un lado permiten la separación por succión de los vapores de pirólisis producidos por medio de bombas de vacío y por otro lado impiden la introducción de granulados o de abrasión en el conducto de salida de vapor.

El coque de pirólisis rico en carbono y carga, sólido producido en el reactor de pirólisis 4 se retira en la parte inferior, en la zona de separación 5 (separación de sólido de pirólisis de vapor de pirólisis), de manera continua a través de un sistema de exclusas que puede inertizarse. El coque de pirólisis se retira preferentemente en la forma existente como agente de adsorción con una superficie BET de 80-120 m²/g a través de un dispositivo de refrigeración 6 hacia el almacenamiento de coque de pirólisis 7. Los usos alternativos son el uso en la industria de acero como coque de alto horno o el aprovechamiento como carga para la fabricación de neumáticos o bien la fabricación de material sellante y material aislante.

El vapor de pirólisis retirado en la zona de separación 5 (11) por medio de vacío parcial se transporta a la torre de condensación de múltiples etapas 8,9,10. La condensación de las fases de vapor de pirólisis se realiza en las respectivas etapas de condensación en fases mixtas a distintas temperaturas con respecto al producto y por debajo de la presión atmosférica normal.

En la primera etapa de condensación 8, mediante la inyección de una parte del reflujo de la segunda etapa 9 en el procedimiento a contracorriente se realiza la condensación de las fracciones de aceite pesadas.

Las etapas de condensación 9 y 10 trabajan según el mismo principio de la inyección de reflujo por medio de boquillas en espiral de alta presión. Mediante la mezcla de catalizador, las temperaturas de funcionamiento y presiones seleccionadas, la relación de reflujo así como los tiempos de permanencia en la torre de condensación se realiza una división seleccionada y orientada al producto de los aceites de pirólisis de manera análoga a una instalación de rectificación. En la parte de cabeza de la etapa de condensación 10 están instaladas superficies intercambiadoras de calor, que producen una condensación previa del vapor de pirólisis residual. En la unidad de separación 11 que sigue a esto se realiza la separación del gas permanente del aceite ligero. Una unidad de refrigeración 12 conectada posteriormente se ocupa, por motivos de seguridad, del cumplimiento de una temperatura de gas permanente máxima de 40 °C. Para poder compensar las oscilaciones de cantidad y valor calorífico del gas permanente condicionadas de manera tecnológica, se realiza un almacenamiento intermedio del gas en un recipiente 13. Las fracciones de aceite de pirólisis procedentes de la primera etapa de condensación 8 se transfieren a través de un enfriamiento 15 a un almacenamiento 16, aquéllas procedentes de la segunda etapa de condensación 9 se transfieren a través de un enfriamiento 17 a un almacenamiento 18 y aquéllas procedentes de la tercera etapa de condensación 10 se transfieren a través de un enfriamiento 19 a un almacenamiento 20.

El uso posterior del gas permanente se realiza en una unidad de acoplamiento de fuerza-calor 14. El suministro de energía necesario para el proceso de pirólisis que se desarrolla de manera endotérmica se realiza por motivos económicos preferentemente a través de una unidad de acoplamiento de fuerza-calor 14 configurada como generador de motor de gas/corriente alterna habitual en el comercio, siendo posible en principio el aprovechamiento de una turbina de gas, cuando está a disposición un tamaño de construcción que se adapta a los requerimientos.

Están previstos además un sistema de gestión del proceso 21 para el control del dispositivo y del proceso, así como

un suministro 22 de funcionamiento y medios auxiliares.

Con el dispositivo de acuerdo con la invención, por ejemplo a partir de granulados de neumáticos usados que pueden fluir, cuya composición típica es tal como sigue:

5	caucho natural	14 42	% en peso
	caucho sintético	18 26	% en peso
	material regenerado de goma	.... 5	% en peso
	cargas (hollín + comp. de silicio)	28 44	% en peso
	plastificantes	3 4	% en peso
	agentes reticuladores	..... 1,5	% en peso
	agentes dispersantes	.... 1,2	% en peso
	agentes antioxidantes	.... 1,2	% en peso
	ceras fotoprotectoras	..... 1	% en peso
	agentes aceleradores de la vulcanización	..... 1	% en peso
	otras sustancias	..... 3	% en peso

pueden producirse los siguientes productos de pirólisis (con las respectivas proporciones de los productos de pirólisis que se producen en total y el valor calorífico inferior):

	coque de pirólisis	30 52	% en peso	H_u 23 30 000	kJ / kg
	aceites de pirólisis	30 50	% en peso	H_u 36 46000	kJ / kg
10	gas de pirólisis	8 30	% en peso	H_u 38 45 800	kJ / Nm ³

En una instalación técnica se determinó la siguiente composición de los productos de pirólisis:

	coque de pirólisis	aprox	38	% en peso
	aceites de pirólisis	aprox	50	% en peso
	gas de pirólisis	aprox	12	% en peso,

presentando el gas de pirólisis (gas permanente) la siguiente composición:

15	metano	aprox.	30	% en volumen
	hidrógeno	aprox.	16	% en volumen
	butadieno 1,3	aprox.	8	% en volumen
	eteno	aprox.	6	% en volumen
	etano	aprox.	5	% en volumen
	dióxido de carbono	aprox.	4,6	% en volumen
	monóxido de carbono	aprox.	3	% en volumen
	butano	aprox.	2,5	% en volumen
	propano	aprox.	2	% en volumen
	propeno	aprox.	2	% en volumen
	sulfuro de hidrógeno	aprox.	0,4	% en volumen
	resto otros compuestos residuales			
	valor calorífico inferior	H_u aprox.	44 800	kJ/Nm ³

El aceite de pirólisis bruto presentaba las siguientes composiciones:

	benceno	..... 10	% en peso
	xileno	..... 8	% en peso
	tolueno	0,5 5	% en peso
	estireno	1 5	% en peso
	compuestos C ₅	1 5	% en peso
	etilbenceno	0,5 4	% en peso
	naftaleno	0,5 5	% en peso
	indano / indeno	0,5 3	% en peso

20 El dispositivo de acuerdo con la invención está construido de manera modular, de modo que éste puede adaptarse y ampliarse sin problemas a los requerimientos capacitivos, sin que se produzcan pérdidas de producción.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de pirólisis para la recuperación fraccionada de materiales y energía de compuestos orgánicos reticulados de alto peso molecular, que pueden fluir, en particular granulados de neumáticos usados, de perfiles de obturación y de otros plásticos, en el sentido de una recuperación de materias primas en reciclados en forma de gas, líquidos y sólidos, **caracterizado por que**
- 10 • los compuestos orgánicos recorren de arriba a abajo un reactor de pirólisis de múltiples etapas vertical(4) , en donde se pirolizan mediante temperaturas de procedimiento que pueden ajustarse de manera distinta en el intervalo de temperatura de 300 a 1.200 °C y diferentes tiempos de permanencia, y en una zona de separación (5) se transporta el vapor de pirólisis retirado por medio de vacío parcial a una torre de condensación de múltiples etapas (8, 9, 10), en la que se realiza la condensación de las fases de vapor de pirólisis para dar aceites de pirólisis en las respectivas etapas de condensación (8, 9, 10) en fases mixtas a distintas temperaturas con respecto al producto y por debajo de la presión atmosférica normal,
- 15 • los compuestos orgánicos antes del reactor de pirólisis (4) recorren una etapa de tratamiento previo (3), en la que se calientan previamente con aceites de pirólisis procedentes de las etapas de condensación (8, 9, 10), debido a lo cual se despolimerizan en la superficie y con ello se vuelven pegajosos, y se empolvan con una mezcla de catalizador pulverizada, de modo que puede fijarse el catalizador mixto en forma de polvo añadido, que influye expresamente, en cuanto a la formación de producto, sobre el proceso de craqueo que sigue a
- 20 continuación
- el gas permanente rico en energía generado durante el procedimiento se transforma en energía eléctrica y energía térmica en una unidad de generación de energía eléctrica (14).
- 25 2. Procedimiento de pirólisis de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la energía térmica necesaria para el proceso de pirólisis se genera mediante la energía eléctrica generada en el propio dispositivo de una unidad de generación de energía eléctrica (14), preferentemente a través de elementos de calefacción eléctricos, mediante magnetrones de microondas o mediante la combustión del gas permanente producido durante el procedimiento.
- 30 3. Dispositivo para la realización del procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, **caracterizado por que** está previsto un reactor de pirólisis de múltiples etapas vertical (4), que puede ser recorrido de arriba a abajo por los compuestos orgánicos y en el que pueden ajustarse de manera gradual distintas temperaturas de procedimiento de 300 a 1.200 °C, **por que** está prevista una zona de separación (5), presentando medios para la retirada de vapor de pirólisis por medio de vacío parcial y para el transporte del vapor de pirólisis a una torre de condensación de múltiples etapas (8, 9, 10), **por que** antes del reactor de pirólisis (4) está dispuesta
- 35 una etapa de tratamiento previo (3) con medios para el calentamiento previo de los compuestos orgánicos con aceites de pirólisis procedentes de las etapas de condensación (8, 9, 10) y con medios para el empolvado con una mezcla de catalizador pulverizada, y **por que** está prevista una unidad de generación de energía eléctrica (14) para la conversión del gas permanente, rico en energía y generado durante el procedimiento, en energía eléctrica y energía térmica.
- 40 4. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** están previstos medios para el calentamiento eléctrico indirecto del tubo interno del reactor de pirólisis (4) y **por que** para la separación por succión, mediante vacío parcial, de los vapores de pirólisis producidos está previsto un sistema de ranura en la superficie de revestimiento de los módulos internos.
- 45 5. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** una primera etapa de condensación (8) está constituida por dos unidades, un recipiente inferior horizontal y un condensador que se encuentra vertical sobre él, con una unidad de vacío por chorro de líquido integrada en el interior y un tubo conductor.
- 50 6. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** a cada módulo de pirólisis está asignada una unidad de condensación por inyección, que está constituida por al menos dos, preferentemente de tres a cuatro etapas individuales (8, 9, 10), que están unidas espacialmente entre sí y pueden estar dispuestas preferentemente una sobre otra, aunque también una junto a otra y en las que se seleccionan y se condensan las mezclas de vapor de pirólisis.
- 55

