

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 838**

51 Int. Cl.:

**C10B 47/46** (2006.01)

**C10B 53/07** (2006.01)

**C10G 1/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.11.2012 PCT/EP2012/072896**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.04.2014 WO14060052**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2012 E 12794901 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.09.2016 EP 2909287**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para el tratamiento físico de materias primas**

30 Prioridad:

**16.10.2012 DE 102012109874**

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

**28.03.2017**

73 Titular/es:

**MERENAS TRUST REG (100.0%)  
Lettstrasse 10  
9490 Vaduz, LI**

72 Inventor/es:

**ABFALTERER, ALEXANDER**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 606 838 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

Dispositivo y procedimiento para el tratamiento físico de materias primas

- 5 La invención se refiere a un dispositivo para el tratamiento físico de materias primas. El dispositivo presenta un sistema calefactor, una unidad de destilación y una unidad de reacción. La unidad de reacción se configura de modo que las materias primas se puedan aportar a la misma para su tratamiento. El sistema calefactor se puede abrir y cerrar para el montaje de la unidad de reacción. El dispositivo también se define como módulo industrial de carbonización – destilación VDI. La invención se refiere además a un procedimiento para el funcionamiento de un dispositivo para el tratamiento físico de materias primas.
- 10 El dispositivo se prevé para el tratamiento industrial, en especial para el tratamiento de productos de gomas de desecho, productos de caucho o productos compuestos similares al caucho tales como neumáticos viejos, correas de caucho con refuerzo de cable de acero, eslabones de cadenas engomados y cintas transportadoras, así como de vehículos viejos triturados, materias primas orgánicas regenerativas como madera, carbonos inorgánicos contaminados y suelos contaminados. Se obtienen crudos ligeros, gases, metales, especialmente acero y carbono inorgánico.
- 15 Las instalaciones conocidas por el estado de la técnica se basan en el empleo de hornos rotativos tubulares, reactores de lecho fluidizado así como tambores y funcionan con material de partida compactado o en una atmósfera inerte química con exclusión de oxígeno.
- 20 En el documento DE 695 11 626 T2 se describe un horno para el tratamiento térmico de materiales sólidos. El horno presenta un elemento rotatorio, en el que circulan los materiales sólidos, y un medio calefactor. El medio calefactor fijo dispuesto coaxialmente y en el interior del elemento rotatorio se configura de manera apta para canalizar los materiales sólidos y para garantizar su precalentamiento y/o calentamiento.
- 25 En el documento DE 199 30 071 C2 se describen un procedimiento y un dispositivo para el aprovechamiento de materiales orgánicos y mezclas de materiales. El material orgánico se pone en contacto con el material del lecho fluidizado de la capa fluidizada de combustión. Con el procedimiento se producen productos finales en forma de gases con sustancias condensables y residuos carbonados.
- 30 El documento DE 44 41 423 A1 revela un procedimiento y un dispositivo para la obtención de gas aprovechable a partir de basura. La basura triturada se introduce en un tambor cerrado impermeable al gas. En el tambor se produce el gas, separándolo del residuo generado al mismo tiempo. El gas producido se divide en un transformador de gas en un gas de descomposición mediante la aportación de aire y en presencia de un lecho de coque incandescente. El calor necesario en el procedimiento se transmite por medio de un gas en contacto directo con el material a utilizar. Para la transmisión del calor al gas se emplea un caudal parcial del gas de descomposición que sale del transformador de gas.
- 35 Con el documento DE 41 26 319 A1 se muestra un procedimiento para el aprovechamiento de productos vulcanizados de caucho de silicona en el que los productos vulcanizados se calientan a 350 °C a 700 °C, condensándose los siloxanos volátiles que se producen. Como productos se obtienen especialmente siloxanos y materiales de relleno.
- 40 El documento DE 40 11 945 C1 describe un procedimiento para la desgasificación de sustancias orgánicas como, por ejemplo, basura doméstica e industrial y similares, en una cámara calentable. Con este procedimiento los materiales de partida se introducen compactados en la cámara y atraviesan la sección transversal de la cámara manteniendo su estado compactado. El calor se aporta a través de las paredes de la cámara que están en contacto de presión con el material compactado. Los productos gaseosos que se producen se eliminan a una presión mayor. El material compactado impermeabiliza la zona de alimentación de la cámara a prueba de gas. Mediante una compactación posterior de los residuos sólidos se consigue en la zona de salida de los productos gaseosos una mayor resistencia al flujo.
- 45 En el documento DE 39 32 803 A1 se muestra un procedimiento de reacción de materiales orgánicos por medio de la adición de ácido bórico/óxido bórico y compuestos orgánicos de nitrógeno, en atmósfera no oxidante o al vacío, a carbono y grafito.
- El funcionamiento de instalaciones tradicionales requiere gastos más elevados para materiales, energía y logística.
- 50 Mediante el empleo de gases de protección, es decir, mediante una atmósfera no oxidante, el rendimiento de paso de unidades comparables es, por ejemplo, reducido. La generación de un lecho fluidizado en reactores de lecho fluidizado exige un mayor gasto de energía puesto que, por una parte, se tiene que producir y mantener el lecho fluidizado y que, por otra parte, los materiales a empelar se tienen que preparar mecánicamente de manera que contacten de manera eficaz con el lecho fluidizado.
- 55 Debido a la compactación de los materiales de partida en la fase de preparación y durante el proceso de aprovechamiento también se originan gastos de energía elevados.

5 El documento WO 2007/053088 A1 revela un procedimiento así como un dispositivo para el tratamiento de materiales de hidrocarburos. Los materiales se introducen en un recipiente interior que se puede disponer, a su vez, en un recipiente exterior. Los dos recipientes se cierran respectivamente con un elemento de tapa. El material de hidrocarburos se calienta mediante microondas o radiación de alta frecuencia. Los gases de escape generados salen de los recipientes a través de una salida de gas. Se pueden empalar de forma paralela dos o más recipientes que también se pueden conectar a una depuradora de gases para mantener un caudal prácticamente continuo a través de la depuradora de gases.

10 Por el documento JP S56 109282 A se conocen un dispositivo y un procedimiento para la descomposición térmica de desechos como PVC. Una cámara de descomposición térmica se alimenta con los desechos que contienen PVC. Un quemador permite la aportación de energía para la descomposición térmica de los desechos. El gas generado durante la descomposición se conduce por una tubería de gas a un depósito de gas, pudiéndose desplazar un recipiente móvil en dirección vertical en función de la cantidad de gas aportada.

15 El documento WO 2010/012275 A2 revela un dispositivo para el tratamiento de materiales con un horno cilíndrico así como un sistema para el control del proceso. Las superficies interiores del horno poseen una capa aislante de un material termoaislante inorgánico. Sobre o en las superficies interiores de las capas aislantes se disponen los elementos calefactores. El control del proceso a través de una regulación de la temperatura de los elementos calefactores sirve para lograr un alto rendimiento de carbono u hollín fino, petróleo y gas de combustión.

20 El objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un dispositivo y un procedimiento para el tratamiento de diferentes productos de gomas de desecho; productos compuestos de caucho o similares al caucho. Se trata de separar los productos compuestos y de recuperar componentes valiosos como carbono, petróleo crudo ligero, gas y, en su caso, materiales metálicos. Se pretende que el dispositivo tenga una estructura sencilla y que se pueda realizar de forma económica.

25 La tarea se resuelve con un procedimiento según la invención para el tratamiento físico de materias primas. El dispositivo presenta un sistema calefactor, una unidad de destilación y una unidad de reacción. La unidad de reacción se configura de modo que las materias primas se puedan aportar a la misma para su tratamiento. El sistema calefactor se puede abrir y cerrar para el montaje de la unidad de reacción.

30 De acuerdo con el concepto de la invención, el sistema calefactor comprende un elemento de cabeza y un elemento de camisa unido firmemente al elemento de cabeza así como elementos de apoyo. El elemento de cabeza se dispone en los elementos de apoyo cuya longitud se puede regular en dirección vertical. Mediante la variación de la longitud de los elementos de apoyo entre dos posiciones extremas, el sistema calefactor se abre y cierra en dirección de movimiento vertical.

35 Conforme a una variante de realización ventajosa de la invención el sistema calefactor presente dos elementos de apoyo. Los elementos de apoyo se disponen preferiblemente a ambos lados del sistema calefactor. Según una primera alternativa, los elementos de apoyo se accionan por medio de husos eléctricos. Según una segunda alternativa los elementos de apoyo se configuran como apoyos hidráulicos.

De acuerdo con una variante perfeccionada de la invención, el elemento de camisa se configura con una pared en forma de cilindro hueco. En dirección vertical, la pared se abre hacia abajo y se cierra hacia arriba con una caperuza circular. El elemento de camisa se une en la caperuza al elemento de cabeza formando una unidad.

40 El elemento de camisa presenta ventajosamente tubos de combustión repartidos uniformemente por el perímetro de la superficie interior de la pared. La pared presenta además un aislamiento térmico de polvo de cerámica para evitar la transmisión de calor al entorno exterior.

Conforme a una variante de realización preferida de la invención, la caperuza se configura en el centro con un tubo de empalme como conexión a la tubería de gas de escape. La tubería de gas de escape se extiende desde el tubo de empalme, a través de la caperuza, hasta el elemento de cabeza del sistema calefactor.

45 La tubería de gas de escape presenta ventajosamente, por el extremo distal hacia el tubo de empalme de la caperuza, un elemento de conexión para la conexión a una tubería de gas de escape de la unidad de destilación.

Según otra variante de la invención, la unidad de reacción se configura con una pared en forma de recipiente hueco cilíndrico cerrado por el fondo. El lado abierto de la pared se puede cerrar con ayuda de un elemento de tapa.

Entre la pared y el elemento de tapa se dispone ventajosamente una junta resistente a temperaturas elevadas.

50 El elemento de tapa de la unidad de reacción se configura preferiblemente de forma circular y presenta en el centro un tubo de empalme para el gas de escape. Resulta especialmente ventajoso que el tubo de empalme del elemento de tapa y el tubo de empalme del elemento de camisa encajen el uno dentro del otro en estado cerrado del sistema calefactor para crear una conexión estanca a la tubería de gas de escape.

55 De acuerdo con una variante de realización ventajosa de la invención, la unidad de reacción presenta en el interior unos elementos de cribado. Los elementos de cribado se orientan en dirección horizontal y se disponen, a distancia los unos respecto a los otros, a distintas alturas. Los elementos de cribado cubren preferiblemente toda la sección transversal de la unidad de reacción.

El procedimiento según la invención para el funcionamiento del dispositivo para el tratamiento físico de materias primas comprende los siguientes pasos:

- aportación de materias primas a una unidad de reacción,
- precalentamiento de la unidad de reacción,
- 5 - apertura de un sistema calefactor y montaje de la unidad de reacción sobre un elemento de fondo del sistema calefactor,
- cierre del sistema calefactor de modo que la unidad de reacción se encuentre en un espacio cerrado,
- calentamiento de la unidad de reacción e inicio de un proceso de carbonización y destilación,
- conducción de los gases producidos desde la unidad de reacción a una unidad de destilación,
- 10 - enfriamiento y condensación de los gases en la unidad de destilación,
- introducción de los productos de destilación en un depósito de petróleo y separación del petróleo,
- conducción de los gases no condensables desde el depósito de petróleo a un depósito de filtración de gases y filtración de los gases,
- apertura del sistema calefactor y extracción de la unidad de reacción del sistema calefactor,
- 15 - enfriamiento de la unidad de reacción, extracción de los productos finales de la unidad de reacción y separación de los productos finales, así como
- extracción de los productos finales del depósito de petróleo y del depósito de filtración de gases, abriéndose y cerrándose el sistema calefactor mediante la extracción e introducción de elementos de apoyo.

20 Conforme a una variante de realización especialmente ventajosa de la invención, durante el cierre del sistema calefactor se acopla un tubo de empalme de la unidad de reacción a un tubo de empalme de una tubería de gas de escape del sistema calefactor así como, en un elemento de conexión, la tubería de gas de escape del sistema calefactor a una tubería de gas de escape de la unidad de destilación. De este modo se establece ventajosamente una conexión a prueba de gas entre la unidad de reacción y la unidad de destilación.

25 El procedimiento se realiza preferiblemente de forma modular y simultánea con al menos cuatro unidades de reacción y los siguientes pasos:

- alimentación de una primera unidad de reacción, mientras que una segunda unidad de reacción ya cargada se precaliente,
- aportación de una tercera unidad de reacción cargada y precalentada al sistema calefactor y calentamiento de la unidad de reacción para llevar a cabo el proceso de carbonización y destilación, así como
- 30 - enfriamiento y vaciado de una cuarta unidad de reacción en la que ya ha finalizado el proceso de carbonización y destilación.

35 Según una variante de realización perfeccionada de la invención, la unidad de reacción se carga con materias primas con una masa del orden de 2,5 t a 3 t. La unidad de reacción permanece ventajosamente durante unas 2,5 h a 3,5 h en el sistema calefactor. La temperatura de reacción dentro de la unidad de reacción es, con preferencia, de entre 350 °C y 650 °C, consumiéndose energía del orden de 40 kWh por hora.

El procedimiento según la invención se basa en un proceso de carbonización – destilación, por lo que se trata en el caso del dispositivo según la invención de un módulo industrial de carbonización – destilación definido también como módulo VDI.

40 Para la realización efectiva del procedimiento, el dispositivo se basa en la configuración con módulos a fin de optimizar o maximizar el rendimiento y de poder adaptar el mismo a las necesidades en cada momento.

Otras ventajas del módulo industrial de carbonización – destilación frente al estado de la técnica se pueden resumir como sigue:

- \* no hace falta una clasificación previa de las materias primas,
- \* tratamiento de
- 45 - productos de gomas de desecho, como neumáticos viejos, correas de caucho con refuerzo de cable de acero, eslabones de cadenas engomados y cintas transportadoras, siendo posible tratar los productos en su forma inicial para mantener su estructura y sin necesidad de triturarlos,
- materias primas orgánicas regenerativas como madera en todas sus formas, especialmente hayas y robles,
- 50 - carbonos inorgánicos contaminados

- reactivación de carbón activado después del uso, así como
- suelos contaminados, aguas contaminadas u otros materiales, por ejemplo vertidos petrolíferos, y
- vehículos viejos triturados;

5 \* tecnología ecológica, económica así como libre de dióxido de carbono y, por lo tanto, sostenible con un consumo de energía muy reducido.

Otras ventajas esenciales consisten en que los compuestos de acero y caucho, que hasta ahora sólo se han podido separar con un esfuerzo energético elevado, se pueden separar sin recurrir de manera importante a energía ajena. Los productos obtenidos se pueden aportar nuevamente en el sentido de una economía circular eficiente, a un aprovechamiento de gran calidad, lo que contribuye al cuidado de los recursos. Por otra parte, se abren campos de aplicación en parte completamente novedosos de los materiales obtenidos por medio del procedimiento, basándose los productos producidos en diferentes distribuciones porcentuales basados a su vez en las distintas materias primas empeladas. Entre los productos que se obtienen cuentan:

\* petróleo crudo ligero, por ejemplo con una densidad de aprox. 927 kg/m<sup>3</sup> a 15 °C, una densidad de 4,74 mm<sup>2</sup>/s y un punto de inflamación inferior a 21 °C,

15 \* gas,

\* metales, sobre todo acero o hierro y titanio, así como

\* carbono inorgánico.

20 En función de la materia prima de partida, el carbono presenta un grado de pureza del orden del 95 % al 99,9 %, con una superficie BET del orden de 1.500 m<sup>2</sup>/g BET a 2.500 m<sup>2</sup>/g BET, una capacidad de absorción muy alta sin emisión de sustancias al medio ambiente. De este modo el medio ambiente no se contamina, por ejemplo a causa de lixivitaciones.

Como campos de aplicación se pueden enumerar, por ejemplo, los siguientes:

\* petróleo crudo ligero

- en la industria química y en la industria farmacéutica,

25 - para la producción de energía térmica y de energía eléctrica, por ejemplo mediante un BHKW,

\* gas

- para la producción de energía térmica y de energía eléctrica, por ejemplo mediante turbina de gas y generador o para la recirculación y reutilización en el proceso,

\* acero

30 - en la industria del acero – gracias a temperaturas de proceso muy bajas , todos los metales conservan sus propiedades físicas y químicas,

\* carbono inorgánico

- en la industria alimentaria y en la medicina,

- para su utilización en sistemas de descalcificación,

35 - para la fabricación de diamantes,

- para la fabricación de acumuladores y sistemas de almacenamiento de energía eléctrica,

- como material de relleno para caucho en la fabricación de caucho y de neumáticos,

- en la construcción de aeronaves y

- en la industria de la construcción.

40 El carbono se puede emplear como carbón activado, por ejemplo como filtro para el tratamiento de aguas o para la depuración de gases en instalaciones de aire de escape. Con ayuda de los filtros, el agua salada se puede transformar ventajosamente en agua potable, siendo extraer del agua petróleo, gasolina o ácido.

La aportación de carbono al agua mejora además la calidad del agua en cuanto al contenido de oxígeno, dado que fomenta el intercambio de oxígeno, por ejemplo al ser utilizado en un acuario. Otra ventaja consiste en que los bacilos coli, por ejemplo, sólo actúan a temperaturas más altas del agua, por ejemplo de unos 36 °C a 38 °C y más. A temperaturas por debajo de las señaladas, en cambio, no se generan bacilos coli.

Debido a sus propiedades, el carbono es idóneo para la lucha contra los vertidos de petróleo. El carbono flota en la superficie del agua y liga el petróleo que se encuentra en el agua, por ejemplo en caso de accidentes marítimos. Sin embargo, al mismo tiempo se puede emplear para limpiar suelos contaminados con petróleos minerales, es decir,

para la descontaminación de suelos o en otros casos de vertidos de petróleo o de sustancias contaminadas. El material de filtración puede absorber una masa de 2 kg a 10 litros de petróleo.

5 El carbono se utiliza además ventajosamente para la lucha contra incendios en tierra y en el agua, especialmente para la lucha contra petróleos inflamados. Por lo tanto, el carbono se emplea como agente extintor, extrayéndose del fuego oxígeno mediante la cubrición con una cantidad correspondiente de carbono, con lo que la llama se extingue.

Otra aplicación del carbono sirve de protección contra incendios así como de aislamiento térmico hasta los 3.500 °C. Por aislamiento térmico ha de entenderse también el aislamiento en caso de temperaturas muy bajas, es decir, un aislamiento contra el frío.

10 Un recubrimiento del gas con carbono conduce, por ejemplo, a un aumento de la resistencia al fuego, acompañado por un efecto de aislamiento térmico.

Una mezcla de cemento y carbono en una proporción de 3:1 presenta características muy buenas en lo que se refiere a la resistencia térmica. Una placa de cemento al carbono con un grosor de 1 cm, por ejemplo, resiste temperaturas de hasta 1.200 °C.

15 El carbono, que repele la radiación, se puede emplear además en instalaciones y dispositivos con la necesaria protección contra la radiación. Las propiedades ventajosas, como la resistencia a la radiación y al fuego, propician, por ejemplo, el empleo en la construcción de los muros exteriores de reactores nucleares.

Otro campo de aplicación del carbono, que almacena de forma excelente agua y sustancias nutritivas, se encuentra en las capas de retención de agua. En las superficies explotadas se puede conseguir un ahorro de agua del 60 % al 80 %.

20 Mediante el uso del carbono, por ejemplo por debajo de las capas de arena, se pueden almacenar agua y sustancias nutritivas para las plantas y aprovechar suelos pobres y de poco valor como lugares para la plantación de verduras y de otros productos agrícolas. Por consiguiente, este uso supone una gran ventaja para la puesta en cultivo de zonas desérticas, en la horticultura y en la agricultura. Por otra parte, el carbono no transmite las sustancias al agua, por lo que tampoco se contaminan ni el suelo ni las aguas subterráneas a causa de una lixiviación de sustancias contaminantes.

25 Con un empleo de energía de aproximadamente 2,41 GW al año se pueden producir, según el tipo de materias primas empleadas, respectivamente 10,5 GW de corriente eléctrica y calor. Se da por supuesto que el gas que se produce en el proceso se aprovecha por completo para la producción de corriente eléctrica y calor. El rendimiento de energía se puede incrementar hasta los 20,6 GW o hasta una proporción de 9,96 entre el rendimiento y el consumo de energía.

Otros detalles, características y ventajas de la invención resultan de la siguiente descripción de unos ejemplos de realización con referencia a los dibujos correspondientes. Éstos muestran en la

Figura 1 un módulo industrial de carbonización – destilación como dispositivo para el tratamiento físico de materias primas en estado abierto y en una vista frontal;

35 Figura 2a un módulo industrial de carbonización – destilación como dispositivo para el tratamiento físico de materias primas en estado cerrado y en una vista lateral así como

Figura 2 b en una vista frontal;

Figura 3 una representación en sección del sistema calefactor en estado abierto;

Figura 4 una representación en sección del sistema calefactor en estado cerrado;

40 Figura 5 un elemento de fondo del sistema calefactor;

Figura 6a una unidad de reacción en estado cerrado;

Figura 6b una representación en sección de la unidad de reacción en estado cerrado;

Figura 7 una unidad de destilación;

Figura 8 un depósito de petróleo;

45 Figura 9a un depósito de filtración de gases y

Figura 9b una representación en sección del depósito de filtración de gases.

50 En las figuras 1, 2a y 2b se representa un módulo industrial de carbonización – destilación como dispositivo 1 para el tratamiento físico de materias primas. La figura 1 muestra el dispositivo 1 en estado abierto en una vista frontal, mientras que la figura 2b muestra el dispositivo 1 en estado cerrado en una vista frontal y la figura 2a lo muestra en una vista lateral.

El dispositivo 1 presenta un sistema calefactor 2 así como una unidad de destilación 3. La unidad de reacción 4 cargada de materias primas se precalienta en un dispositivo de precalentamiento no representado a una

temperatura determinada y se calienta después aun más en el sistema calefactor 2. La unidad de reacción 4 se puede cargar con una mezcla de distintas materias primas, por lo que no hace falta una clasificación previa de los productos. Después del precalentamiento, la unidad de reacción 4 se traslada al sistema calefactor 2 abierto y se posiciona en el elemento de fondo 5 del sistema calefactor 2.

5 El elemento de cabeza 7 y el elemento de camisa 8, unidos firmemente al elemento de cabeza 7 del sistema calefactor 2, se sujetan por medio de elementos de apoyo 6 dispuestos a ambos lados del sistema calefactor 2 de manera que se puedan mover en la dirección de movimiento B. Los elementos de apoyo 6 se disponen a una distancia de unos 2,9 m los unos respecto a los otros. El elemento de camisa 8 presenta un diámetro exterior de aproximadamente 2,5.

10 En una primera posición final según la figura 1, los elementos de apoyo 6 se encuentran en su posición de extracción. El dispositivo 1 presenta una altura de unos 6,70 m. El elemento de cabeza 7 y el elemento de camisa 8 dejan el espacio libre para el montaje de la unidad de reacción 4 en el sistema calefactor 2. El sistema calefactor 2 está abierto. La unidad de reacción 4 se puede introducir en el sistema calefactor 2 o extraer del sistema calefactor 2. El movimiento de la unidad de reacción 4 se puede llevar a cabo ventajosamente con ayuda de un sistema de raíles no representado sobre el que se apoya la unidad de reacción 4. En la segunda posición final según las figuras 15 2a, 2b, los elementos de apoyo 6 se encuentran en su posición de introducción. El dispositivo 1 presenta una altura de unos 3,70 m. El elemento de camisa 8 se apoya en el elemento de fondo 5 de manera que la unidad de reacción 4 se encuentre posicionada en un espacio cerrado. El sistema calefactor 2 está cerrado. La unidad de reacción 4 está rodeada, en el fondo, por el elemento de fondo 5, así como en la superficie lateral y arriba, por el elemento de 20 camisa 8.

El sistema calefactor 2 presenta en la parte inferior una carcasa 9. La carcasa 9, que rodea al elemento de fondo 5 así como a las superficies laterales del elemento de camisa 8 en estado cerrado del sistema calefactor 2, se abre para el equipamiento del sistema calefactor 2.

25 Los gases generados en el proceso de carbonización se extraen del sistema calefactor 2 a través de la tubería de gas de escape 11 prevista, y se enfrían de manera tecnológica. Los gases se conducen por el tubo de empalme 10a representado en el punto superior de la unidad de reacción 4, así como por la tubería de gas de escape dispuesta en el elemento de cabeza 7, hasta la unidad de destilación 3. A continuación, los gases pasan por el tramo de enfriamiento 12 de la unidad de destilación 3. El tramo de enfriamiento se compone de tubos según las figuras 1, 2a, 30 2b. Los tubos inclinados hacia la horizontal se dotan de nervios para agrandar la superficie de transmisión térmica y, por lo tanto, para mejorar la transmisión del calor. El calor se transmite de los gases al aire ambiente. Según una variante de realización alternativa, los gases se pueden enfriar dentro del tramo de enfriamiento 12 con otro fluido, por ejemplo con agua.

35 El tramo de enfriamiento 12 se forma con dos tubos de orientación paralela. Los gases se dividen, al entrar en el tramo de enfriamiento 12, entre dos caudales parciales y se vuelven a mezclar una vez atravesado el tramo de enfriamiento 12.

A continuación, los productos de destilación se introducen en el depósito de petróleo 13. En el depósito de petróleo 13 se deposita el petróleo obtenido como consecuencia de la destilación posterior, que en cuanto a consistencia y composición corresponde a un petróleo crudo ligero o es muy similar a los productos intermedios del procesamiento de petróleo crudo. La parte no condensable de los gases se conduce desde el depósito de petróleo 13 al depósito de 40 filtración de gases 14 y se filtra en el depósito de filtración de gases 14.

En las figuras 3 y 4 se muestra respectivamente una representación en sección del sistema calefactor 2. En la figura 3 el sistema calefactor 2 se muestra en estado abierto y en la figura 4 en estado cerrado.

45 Según la figura 3 los elementos de apoyo 6 se han extraído por completo. El elemento de cabeza 7 dispuesto en los extremos superiores de los elementos de apoyo 6 y el elemento de camisa 8 unido firmemente al elemento de cabeza 7 se disponen a una altura H por encima del elemento de fondo 5, de modo que la unidad de reacción 4 se puede mover libremente en dirección horizontal entre el elemento de fondo 5 y el elemento de camisa 8.

El elemento de camisa 8 se apoya en la parte inferior, de forma móvil, en los elementos de apoyo 6. Por medio del apoyo lateral contra los elementos de apoyo 6 se garantiza un movimiento recto del elemento de camisa 8 en dirección de movimiento B entre las posiciones finales. Se evita el ladeo del elemento de camisa 8.

50 El elemento de camisa 8 presenta tubos de combustión 15a repartidos uniformemente por el perímetro de la superficie interior de la camisa. Los tubos de combustión 15a se disponen fundamentalmente en dirección vertical y se conducen en la parte inferior del elemento de camisa 8, a través de la pared, hasta la superficie interior. Los tubos de combustión 15a se componen respectivamente de dos secciones orientadas en dirección vertical que por el extremo superior se unen entre sí por medio de un elemento de desviación. El elemento de camisa 8 abierto en 55 dirección vertical hacia abajo se cierra por arriba con una caperuza 16 y se fija en el elemento de cabeza 7. El elemento de cabeza 7 y el elemento de camisa 8 forman una unidad. La caperuza 16 se configura en el centro con un tubo de empalme 10b como elemento de conexión a la tubería de gas de escape 11a. La tubería de gas de escape 11a se extiende desde el tubo de empalme 10b, a través de la caperuza 16, hasta el elemento de cabeza 7. La zona de paso de la tubería de gas de escape 11a por la caperuza 16 se impermeabiliza respecto a la caperuza 60 16.

5 La tubería de gas de escape 11a presenta en el extremo distal, partiendo del tubo de empalme 10b, un elemento de conexión 17. El elemento de conexión 17 realizado ventajosamente en forma de acoplamiento rápido sirve para conectar la tubería de gas de escape 11a del sistema calefactor 2 a la tubería de gas de escape 11b de la unidad de destilación 3 en estado cerrado del sistema calefactor 2 según la figura 4. Como consecuencia del movimiento descendente del elemento de cabeza 7 durante el cierre del sistema calefactor 2 las tuberías de gas de escape 11a, 11b se acoplan entre sí en el elemento de conexión 17 así como en el tubo de empalme 10a, 10b, con lo que se establece una conexión impermeable al gas entre la unidad de reacción 4 y la unidad de destilación 3.

10 La unidad de reacción 4 dispuesta sobre el elemento de fondo 5 se configura con una pared 18 en forma de un recipiente cilíndrico hueco con un diámetro exterior de aproximadamente 1,8 m, que está cerrado por abajo. El lado abierto de la pared 18 se puede cerrar con ayuda de un elemento de tapa 19. Entre la pared 18 y el elemento de tapa 19 se dispone una junta de manera que la unidad de reacción 4 quede herméticamente cerrada, presentando con el tubo de empalme 10a únicamente un orificio. En el interior de la unidad de reacción 4 se configuran elementos de cribado 20. Los elementos de cribado 20 se orientan en dirección horizontal y se disponen a distancia los unos de los otros a distintas alturas.

15 En la segunda posición final mostrada en la figura 4 los elementos de apoyo 6 se encuentran en su posición totalmente introducida. El elemento de camisa 8 se apoya en el elemento de fondo 5 y rodea por completo a la unidad de reacción 4. El sistema calefactor 2 está cerrado.

20 La unidad de reacción 4 cargada de materias primas se calienta ventajosamente de modo uniforme a través del fondo y de la pared 18. Los tubos de combustión 15a sirven para el calentamiento a través de la pared 18, mientras que los tubos de combustión 15b de la unidad de reacción 4, dispuestos en el elemento de fondo 5, aportan calor a través del fondo. Los tubos de combustión 15a configurados en el perímetro del elemento de camisa 8 presentan, en estado cerrado del sistema calefactor 2, distancias iguales respecto a la pared 18 de la unidad de reacción 4.

25 La unidad de reacción 4 permanece en el sistema calefactor 2 durante unas 2,5 h a 3,5 h, durante las cuales se producen dentro de la unidad de reacción 4 la reacción principal y la transformación de las materias primas. La temperatura de reacción dentro de la unidad de reacción 4 es, en función de la carga y según los productos finales a fabricar, de entre 350 °C y 650 °C. Se consume energía del orden de 40 kWh por hora. La unidad de reacción 4 se carga de materias primas con una masa del orden de 2,5 t a 3 t.

30 Los gases que se producen durante el proceso de carbonización se extraen y se conducen a través del conducto de empalme de gas de escape 10 dispuesto en el elemento de tapa 19 a la tubería de gas de escape 11. En estado cerrado del sistema calefactor 2, el tubo de empalme 10a de la unidad de reacción 4 y el tubo de empalme 10b de la caperuza 16 del elemento de camisa 16 están unidos entre sí de forma impermeable al gas. De este modo se garantiza que los gases no puedan penetrar en el espacio intermedio entre la unidad de reacción 4 y el elemento de camisa 8.

35 En la figura 5 se representa el elemento de fondo 5 del sistema calefactor 2. El elemento de fondo 5 presenta una placa de fondo 21 y un dispositivo de centrado 22 para el elemento de camisa 8, tubos de combustión 15b, así como elementos de apoyo 25 para la sujeción de la unidad de reacción 4. El elemento de fondo 5 se compone fundamentalmente de cerámica para garantizar un aislamiento térmico frente al exterior, especialmente hacia abajo. En combinación con el aislamiento térmico del elemento de camisa 8, la pérdida de calor del sistema calefactor 2 se reduce al mínimo.

40 La unidad de reacción 4 se apoya en la placa de fondo 21 por medio de los elementos de apoyo 25. Los elementos de apoyo 25 se configuran y disponen de forma que la unidad de reacción 4, asentada en los elementos de apoyo 25, se oriente de forma centrada respecto al elemento de fondo 5.

45 El dispositivo de centrado 22 tiene la forma de un disco circular con un destalonamiento. El disco presenta, por lo tanto, dos zonas de distinto diámetro. La superficie circular situada entre las dos zonas sirve de superficie de obturación 24.

50 El perímetro exterior de la zona del disco de diámetro menor es más pequeño que el perímetro interior de la pared 18 del elemento de camisa 8. En estado cerrado del sistema calefactor 2 se forma una hendidura entre la superficie de camisa 23 de la zona del disco de diámetro menor y la cara interior de la pared 18. El elemento de camisa 8 se apoya en la superficie de obturación 24 de la placa de fondo 21 de modo que el espacio rodeado por el elemento de camisa 8 y la placa de fondo 21 quede herméticamente cerrado. Para impermeabilizar el espacio rodeado se disponen unas juntas en las superficies correspondientes de la placa de fondo 21 y del elemento de camisa 8. El elemento de camisa 8 se aprieta y mantiene además con una presión del orden de 1 bar a 2 bar sobre la superficie de obturación 24 de la placa de fondo 21.

55 Dado que los elementos de apoyo 6 también se fijan en la placa de fondo 21, es la placa de fondo 21 la que soporta todo el sistema calefactor 2.

Los tubos de combustión 15b se disponen fundamentalmente en dirección horizontal en la superficie final 26 del dispositivo de centrado 22 y de forma vertical a través de la superficie final 26. Los tubos de combustión 15b curvados a modo de meandro presentan respectivamente la forma de una mano con cinco dedos. La longitud de los dedos aumenta desde fuera hacia dentro, con lo que el dedo del centro presenta la longitud mayor. Los tubos de

combustión 15b son simétricos y se orientan de manera que las puntas de los dedos señalen el centro de la superficie final 26.

5 Los elementos de apoyo 25 en los que se apoya la unidad de reacción 4 sobresalen en dirección vertical de los tubos de combustión 15b, con lo que el fondo de la unidad de reacción 4, apoyado en los elementos de apoyo 25, se encuentra por encima de los tubos de combustión 15b. Los tubos de combustión 15b presentan respectivamente la misma distancia respecto al fondo de la unidad de reacción 4, a fin de garantizar una aportación uniforme de calor a través del fondo de la unidad de reacción 4.

El dispositivo de centrado 22, los elementos de apoyo 25 y los tubos de combustión 15b se disponen concéntricos alrededor del centro de la placa de fondo 21.

10 En las figuras 6a y 6b se representa respectivamente la unidad de reacción 4 en estado cerrado, viéndose en la figura 6b una representación en sección de la unidad de reacción 4.

La pared 18, configurada en forma de un recipiente cilíndrico hueco, se puede cerrar por el lado opuesto al fondo con ayuda de un elemento de tapa 19. El elemento de tapa 19 se fija de modo separable, mediante dispositivos de enclavamiento 27, por la cara frontal de la pared 18.

15 Los dispositivos de enclavamiento 27 realizados a modo de cierres rápidos se separan para abrir y/o cerrar la unidad de reacción 4, por lo que el elemento de tapa 19 se puede retirar y la unidad de reacción 4 se puede cargar o vaciar.

Entre la pared 18 y el elemento de tapa 19 se dispone, para el cierre hermético de la unidad de reacción 4, una junta resistente a las altas temperaturas. La unidad de reacción 4 presenta en estado cerrado una altura de 2,4 m, aproximadamente.

20 La figura 7 muestra la unidad de destilación 3 que presenta la tubería de gas de escape 11b, el tramo de enfriamiento 12 así como el depósito de petróleo 13 y el depósito de filtración de gases 14 en el orden de la dirección de flujo de los productos finales.

25 Los gases extraídos del sistema calefactor 2 se conducen por la tubería de gas de escape 11b a los tramos de enfriamiento 12 compuestos también por tubos. El caudal de gas se divide en la derivación 28 en dos caudales parciales por medio de dos tubos orientados de forma paralela. La división del caudal de gas provoca una mejor transmisión del calor del caudal de gas al ambiente, con el fin de optimizar el proceso de destilación o de condensación.

Con objeto de mejorar aún más la transmisión de calor, los tubos están dotados de nervios para agrandar las superficies de transmisión de calor de los tramos de enfriamiento 12.

30 Después de pasar por los tramos de enfriamiento 12, los caudales parciales divididos antes de la entrada en los tramos de enfriamiento 12 se vuelven a unir en el punto de desembocadura 29 y se introducen a través del tubo de entrada 30, desde arriba, en el depósito de petróleo 13.

35 El petróleo, que en comparación con el gas presenta una densidad mayor, se deposita en el depósito de petróleo 13. La parte no condensable de los productos de destilación se extrae por la parte superior del depósito de petróleo 13 a través del tubo de salida 31 y se introduce en el depósito de filtración de gases 14. El gas se filtra en el depósito de filtración de gases 14 y se extrae a continuación a través del tubo de salida 32 para su tratamiento posterior.

En la figura 8 se representa un depósito de petróleo 13 con una superficie lateral cortada para ver el interior.

40 El tubo de entrada 30 se dispone por la cara superior del depósito de petróleo 13 de manera que los productos de destilación entren desde arriba en el depósito de petróleo 13. El petróleo se deposita en el fondo del depósito de petróleo 13, mientras que los gases, que en comparación con el petróleo presentan una densidad menor, se concentran por encima del nivel de petróleo. Un flotador 34 determina y controla el nivel de petróleo en el depósito de petróleo 13. Al alcanzar una altura de llenado predeterminada, el petróleo se extrae del depósito de petróleo 13 para su posterior tratamiento.

Los gases acumulados en la parte superior del depósito de petróleo 13 se extraen a través del tubo de salida 31.

45 Las figuras 9a y 9b muestran un depósito de filtración de gases 14. En la figura 9a se representa el depósito de filtración de gases 14 con una superficie lateral cortada para ver el interior, y en la figura 9b se muestra una representación en sección del depósito de filtración de gases 14.

50 El tubo de entrada 33 se dispone en la parte inferior de una superficie lateral del depósito de filtración de gases 14, por lo que los gases entran desde abajo en el depósito de filtración de gases 14. Debido a su menor densidad, los gases fluyen a continuación desde abajo hacia arriba por el depósito de filtración de gases 14 y se depuran al pasar por chapas perforadas 35. Las chapas perforadas 35 se configuran, por lo tanto, de modo que filtren el caudal de gas antes de que éste salga a través del tubo de salida 32 del depósito de filtración de gases 14 para su posterior tratamiento.

55 La parte no condensable de los gases y las partes del petróleo obtenido o la parte de los gases obtenidos se pueden aprovechar para la producción del calor de proceso necesario, con objeto de conseguir un proceso energéticamente autárquico. Por consiguiente, el procedimiento se desarrolla sin expulsión de dióxido de carbono. Únicamente el

arranque del proceso se tiene que asegurar con energía ajena. El calentamiento de la unidad de reacción 4 se puede llevar a cabo opcionalmente con gas ciudad o energía eléctrica.

5 La unidad de reacción 4 se enfría después de la extracción del sistema calefactor 2 a la temperatura definida en dependencia del aprovechamiento del producto. La mezcla de carbono y hierro que se encuentra en el interior de la unidad de reacción 4 se extrae después de la apertura de la unidad de reacción 4, es decir, después de retirar el elemento de tapa 19. Después, la unidad de reacción 4 se incorpora de nuevo al proceso y se carga. La mezcla de carbono y hierro se descompone en sus componentes.

10 En el proceso de carbonización – destilación para el tratamiento físico de las materias primas intervienen al mismo tiempo (en un 75 % de forma mecánica y en un 25 % de forma automatizada) cuatro unidades de reacción 4 fabricadas de acero resistente a altas temperaturas con una cantidad de llenado del orden de 2,5 t a 3,5 t cada una. Mientras que se carga la primera unidad de reacción 4, se precalienta la segunda unidad de reacción 4 ya cargada. La tercera unidad de reacción 4 se aporta mientras tanto al sistema calefactor 2 y se calienta, con lo que se produce el proceso de carbonización – destilación. La cuarta unidad de reacción 4 se enfría durante este tiempo y se vacía a continuación. Gracias al empleo del sistema modular, por ejemplo con cuatro unidades de reacción 4, se puede aumentar paulatinamente el rendimiento y adaptarlo de forma flexible a las respectivas necesidades. Todo el proceso se produce de manera casi continua.

Lista de referencias

|    |              |                                                         |
|----|--------------|---------------------------------------------------------|
|    | 1            | Dispositivo para el tratamiento físico                  |
| 20 | 2            | Sistema calefactor                                      |
|    | 3            | Unidad de destilación                                   |
|    | 4            | Unidad de reacción                                      |
|    | 5            | Elemento de fondo del sistema calefactor 2              |
|    | 6            | Elemento de poyo                                        |
| 25 | 7            | Elemento de cabeza del sistema calefactor 2             |
|    | 8            | Elemento de camisa del sistema calefactor 2             |
|    | 9            | Carcasa                                                 |
|    | 10, 10a, 10b | Tubo de empalme de gas de escape                        |
|    | 11, 11a, 11b | Tubería de gas de escape                                |
| 30 | 12           | Tramo de enfriamiento de la unidad de destilación 3     |
|    | 13           | Depósito de petróleo                                    |
|    | 14           | Depósito de filtración de gases                         |
|    | 15a, 15b     | Tubo de combustión                                      |
|    | 16           | Caperuza                                                |
| 35 | 17           | Elemento de conexión de la tubería de gas de escape 11  |
|    | 18           | Pared de la unidad de reacción 4                        |
|    | 19           | Elemento de tapa                                        |
|    | 20           | Elemento de cribado                                     |
|    | 21           | Placa de fondo                                          |
| 40 | 22           | Dispositivo de centrado para el elemento de camisa 8    |
|    | 23           | Superficie de camisa del dispositivo de centrado 23     |
|    | 24           | Superficie de obturación del dispositivo de centrado 23 |
|    | 25           | Elemento de apoyo para la unidad de reacción 4          |
|    | 26           | Superficie final                                        |
| 45 | 27           | Dispositivo de enclavamiento                            |
|    | 28           | Derivación                                              |
|    | 29           | Punto de desembocadura                                  |

## ES 2 606 838 T3

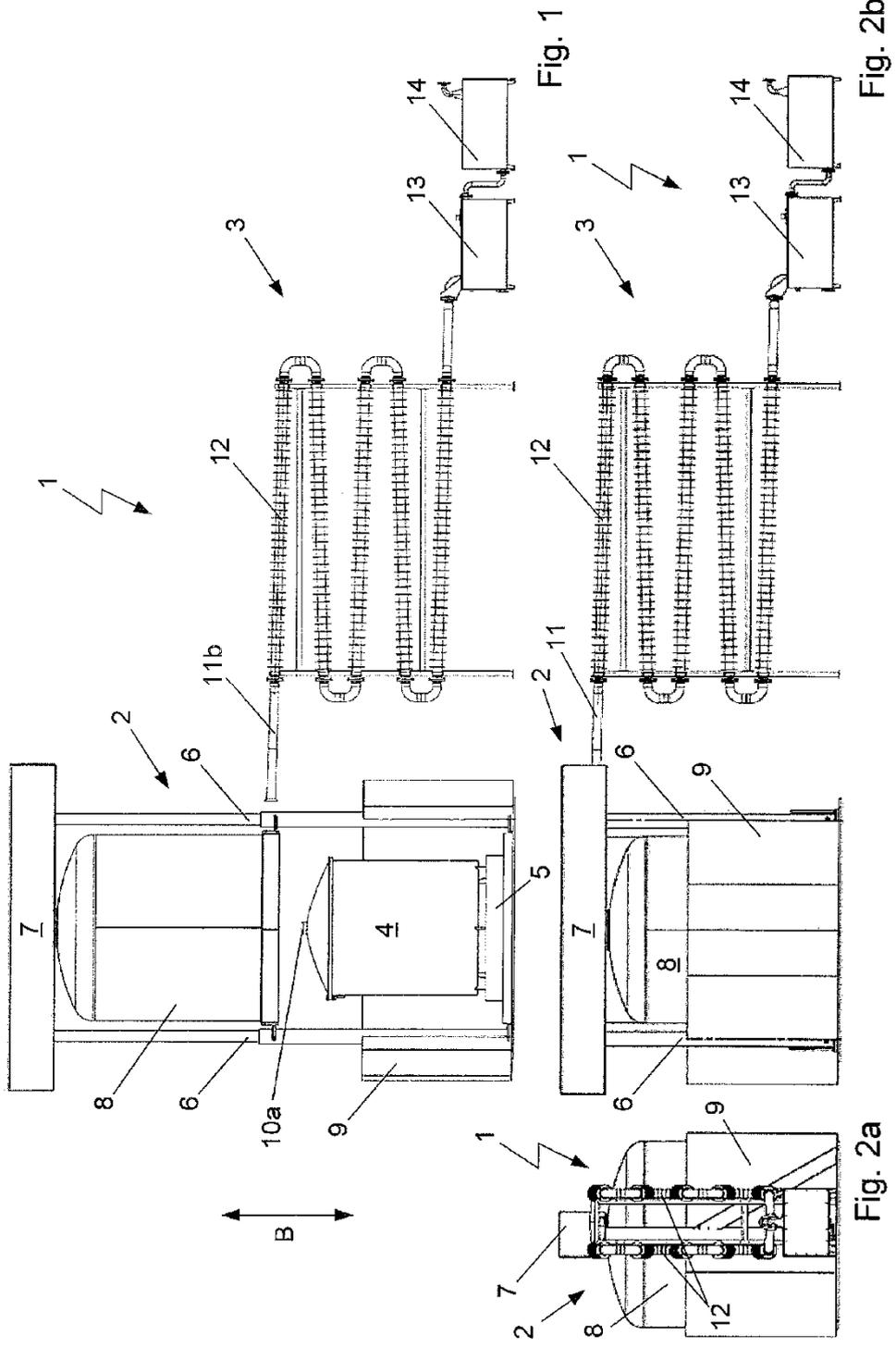
|    |    |                                                        |
|----|----|--------------------------------------------------------|
|    | 30 | Tubo de entrada del depósito de petróleo 13            |
|    | 31 | Tubo de salida del depósito de petróleo 13             |
|    | 32 | Tubo de salida del depósito de filtración de gases 14  |
|    | 33 | Tubo de entrada del depósito de filtración de gases 14 |
| 5  | 34 | Flotador                                               |
|    | 35 | Chapa perforada                                        |
|    | B  | Dirección de movimiento del sistema calefactor 2       |
|    | H  | Altura                                                 |
| 10 |    |                                                        |

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo (1) para el tratamiento físico de materias primas que presenta un sistema calefactor (2), una unidad de destilación (3) y una unidad de reacción (4), configurándose
- 5 - la unidad de reacción (4) para que pueda ser cargada con las materias primas y  
 - el sistema calefactor (2) de modo que se pueda abrir y cerrar para el montaje de la unidad de reacción (4),  
 caracterizado por que el sistema calefactor (2) comprende un elemento de cabeza (7) y un elemento de camisa (8)  
 unido firmemente al elemento de cabeza (7) así como unos elementos de apoyo (6), disponiéndose el elemento de  
 10 cabeza (7) en los elementos de apoyo (6) de longitud variable en dirección vertical, por lo que, mediante la variación  
 de la longitud de los elementos de apoyo (6) entre dos posiciones finales, el sistema calefactor (2) se puede abrir y  
 cerrar en dirección de movimiento vertical (B).
2. Dispositivo (1) según la reivindicación 1, caracterizado por que el sistema calefactor (2) presenta dos elementos  
 15 de apoyo (6), disponiéndose los elementos de apoyo (6) a ambos lados del sistema calefactor (2).
3. Dispositivo (1) según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que el elemento de camisa (8) presenta una pared  
 en forma de cilindro hueco que en dirección vertical  
 - está abierta hacia abajo y  
 20 cerrada hacia arriba por una caperuza circular (16) y unida en la caperuza (16) al elemento de cabeza (7).
4. Dispositivo (1) según la reivindicación 3, caracterizado por que la caperuza (16) se configura en el centro con un  
 tubo de empalme de gas de escape (10b) como conexión a una tubería de gas de escape (11a), extendiéndose la  
 tubería de gas de escape (11a) desde el tubo de empalme (10b), a través de la caperuza (16), hasta el elemento de  
 25 cabeza (7).
5. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que la unidad de reacción (4) se  
 configura con una pared (18) en forma de un recipiente cilíndrico hueco cerrado por el fondo, pudiéndose cerrar el  
 lado abierto de la pared (18) por medio de un elemento de tapa (19).
6. Dispositivo (1) según la reivindicación 5, caracterizado por que el elemento de tapa (19) de la unidad de reacción  
 30 (4) es circular y presenta en el centro un tubo de empalme de gas de escape (10a), encajando el tubo de empalme  
 (10a) del elemento de tapa (19) y el tubo de empalme (10b) del elemento de camisa (8), en estado cerrado del  
 sistema calefactor (2), el uno en el otro para forma una conexión impermeable a la tubería de gas de escape (11a).
7. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la unidad de reacción (4) presenta  
 35 elementos de cribado (20), orientándose los elementos de cribado (20) en dirección horizontal y disponiéndose los  
 mismos a distancia los unos de los otros a distintas alturas.
8. Procedimiento para el funcionamiento de un dispositivo para el tratamiento físico de materias primas según  
 40 cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende los siguientes pasos:  
 - aportación de materias primas a una unidad de reacción (4),  
 - precalentamiento de la unidad de reacción (4),  
 - apertura de un sistema calefactor (2) y montaje de la unidad de reacción (4) sobre un elemento de fondo (5) del  
 sistema calefactor (2),  
 45 - cierre del sistema calefactor (2) de modo que la unidad de reacción (4) se encuentre en un espacio cerrado,  
 - calentamiento de la unidad de reacción (4) e inicio de un proceso de carbonización y destilación,  
 - conducción de los gases producidos desde la unidad de reacción (4) a una unidad de destilación (3),  
 - enfriamiento y condensación de los gases en la unidad de destilación (3),  
 - introducción de los productos de destilación en un depósito de petróleo (13) y separación del petróleo,  
 50 - conducción de los gases no condensables desde el depósito de petróleo (13) a un depósito de filtración de gases  
 (14) y filtración de los gases,  
 - apertura del sistema calefactor (2) y extracción de la unidad de reacción (4) del sistema calefactor (2),  
 - enfriamiento de la unidad de reacción (4), extracción de los productos finales de la unidad de reacción (4) y  
 separación de los productos finales, así como  
 55 - extracción de los productos finales del depósito de petróleo (13) y del depósito de filtración de gases (14),  
 abriéndose y cerrándose el sistema calefactor (2) mediante la extracción e introducción de elementos de apoyo (6).

- 5 9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado por que al cerrar el sistema calefactor (2), el tubo de empalme de gas de escape (10a, 10b) de la unidad de reacción (4) y de una tubería de gas de escape (11a) del sistema calefactor (2), así como la tubería de gas de escape (11a) del sistema calefactor (2) y una tubería de gas de escape (11b) de la unidad de destilación (3), se acoplan entre sí en un elemento de conexión (17), por lo que se establece una conexión impermeable al gas entre la unidad de reacción (4) y la unidad de destilación (3).
10. Procedimiento según la reivindicación 8 ó 9, caracterizado por que el procedimiento se emplea de forma modular al mismo tiempo con al menos cuatro unidades de reacción (4) y los siguientes pasos:
- alimentación de una primera unidad de reacción (4), mientras que una segunda unidad de reacción (4) ya cargada se precalienta,
- 10 - aportación de una tercera unidad de reacción (4) cargada y precalentada al sistema calefactor (2) y calentamiento de la unidad de reacción (4) para llevar a cabo el proceso de carbonización y destilación, así como
- enfriamiento y vaciado de una cuarta unidad de reacción (4) en la que ya ha finalizado el proceso de carbonización y destilación.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizado por que
- 15 - la unidad de reacción (4) se carga con materias primas con una masa del orden de 2,5 t a 3 t,
- la unidad de reacción (4) permanece en el sistema calefactor (2) durante 2,5 h a 3,5 h,
  - la temperatura de reacción dentro de la unidad de reacción (4) es de entre 350 °C y 650 °C y
  - el consumo de energía es del orden de 40 kWh por hora.

20



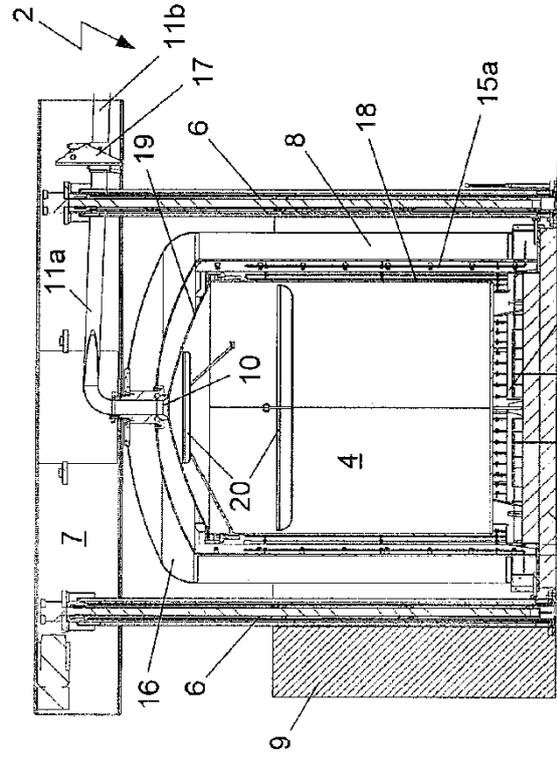


Fig. 4

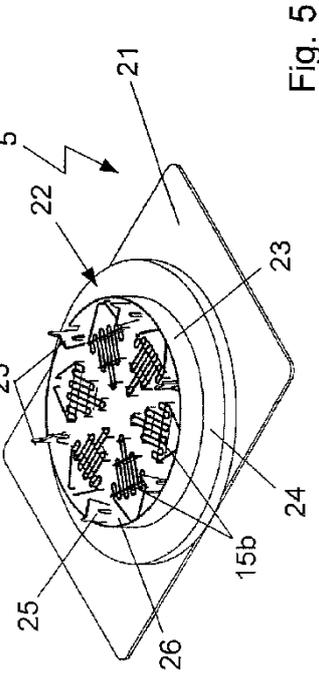


Fig. 5

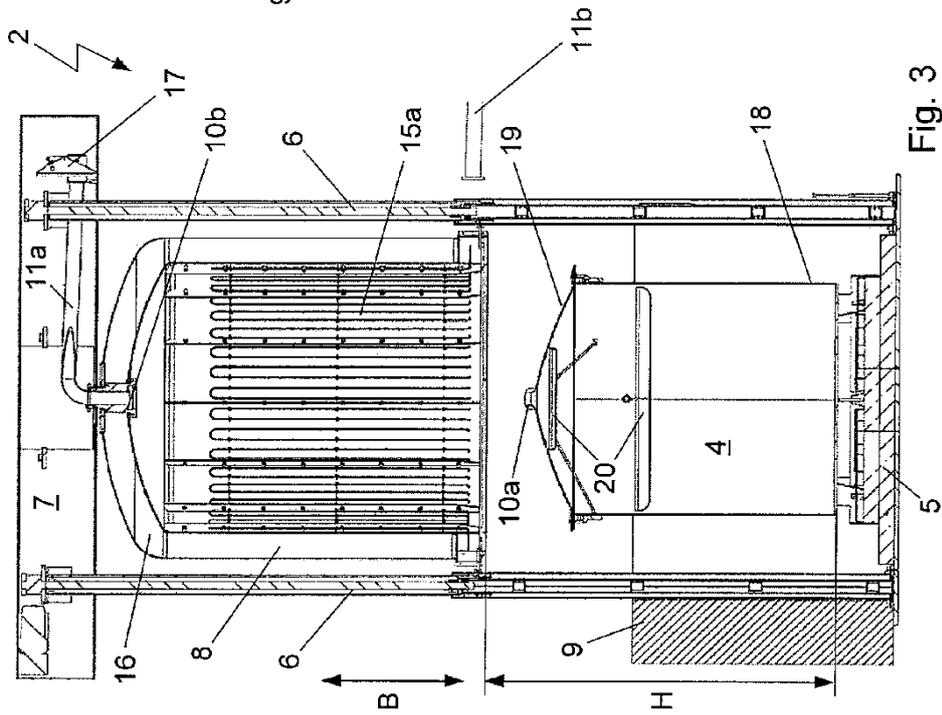


Fig. 3

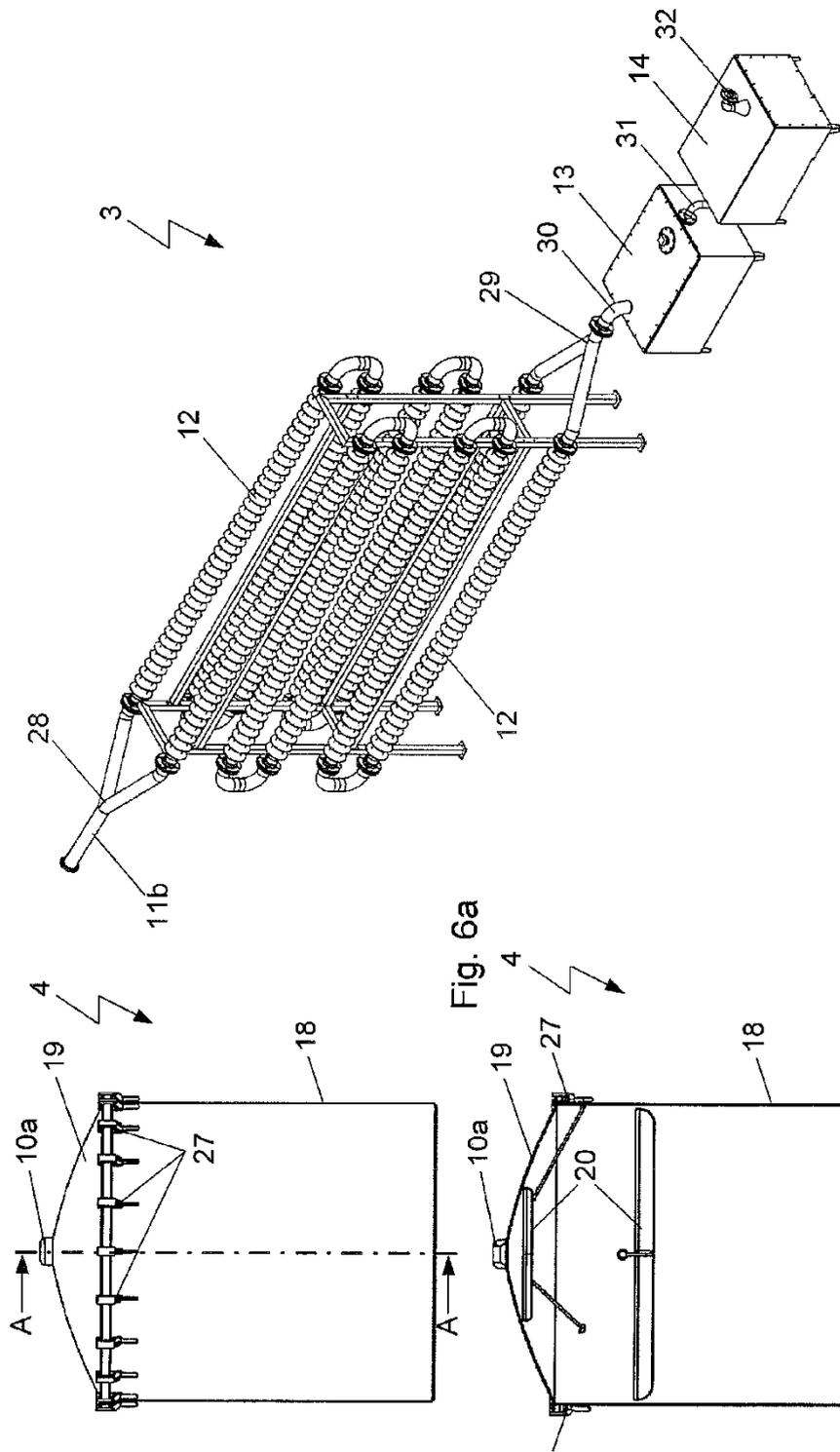


Fig. 7

Fig. 6a

Fig. 6b

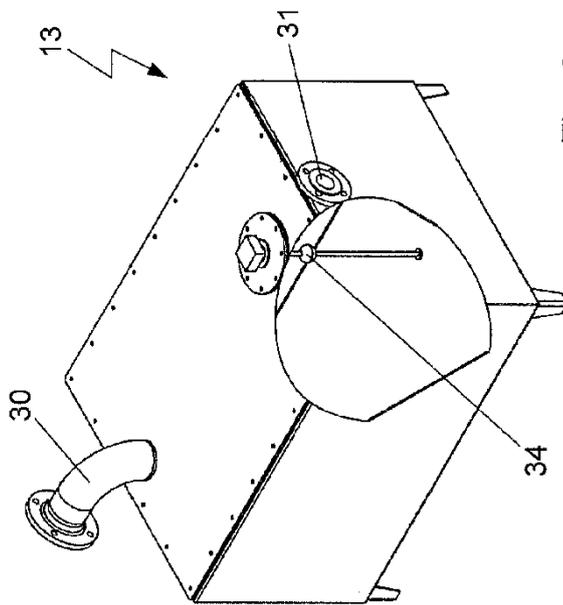


Fig. 8

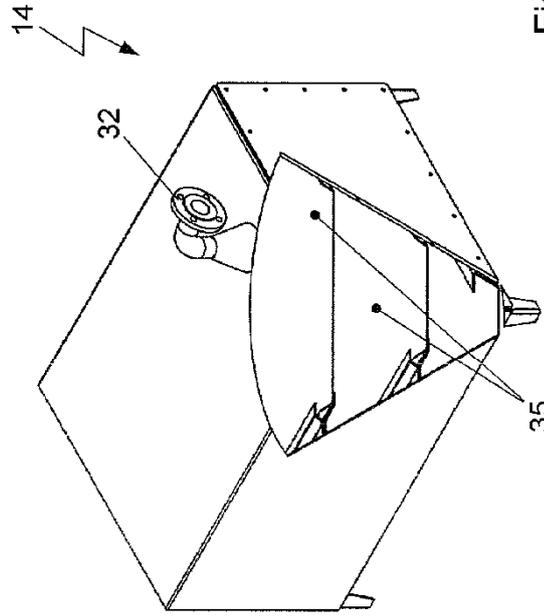


Fig. 9a

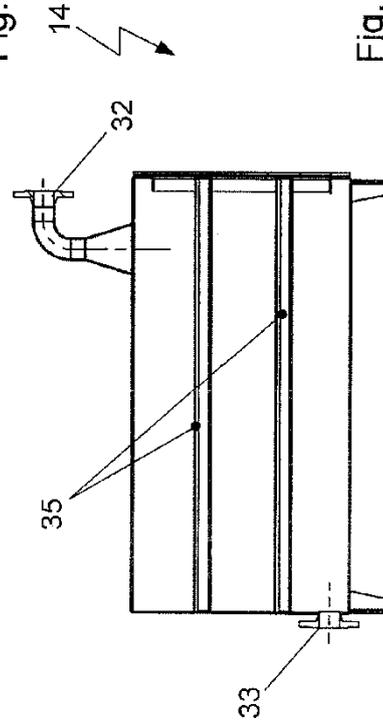


Fig. 9b