

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 715 845**

51 Int. Cl.:

**C08J 11/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.03.2013 PCT/FR2013/050497**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.09.2014 WO14135754**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.03.2013 E 13716339 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.12.2018 EP 2964694**

54 Título: **Procedimiento de tratamiento de materiales carbonosos por vapotermolisis**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**06.06.2019**

73 Titular/es:  
**ALPHA RECYCLAGE FRANCHE COMTE (100.0%)  
22 Allée du Bois  
39100 Brevans, FR**

72 Inventor/es:  
**PECH, JEAN-LOUIS**

74 Agente/Representante:  
**VEIGA SERRANO, Mikel**

**ES 2 715 845 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 tratamiento de materiales carbonosos por vapotermolisis

5 **Sector de la técnica**

La presente invención se refiere al campo del tratamiento de desechos carbonosos y se puede usar, por ejemplo, en la industria química para la producción de negro de carbono o en la industria del caucho para la obtención de compuestos basados en mezclas de caucho.

10

**Estado de la técnica**

Un problema que se plantea en este tipo de industria está ligado al reciclaje de aguas cargadas, llamadas también aguas amarillas o condensado que provienen de la condensación de vapores emitidos durante los procedimientos de tratamiento de desechos carbonados, en particular los que usan vapotermolisis.

15

**Técnica anterior**

En la técnica anterior se describen procedimientos de tratamiento de materiales carbonosos por vapotermolisis.

20

La solicitud de patente WO 2008030137 describe en particular un procedimiento de tratamiento de neumáticos usados que comprende su pirólisis en un reactor, la separación de la fase sólida y su trituración, la separación de las fases líquida y gaseosa por condensación seguido de la combustión de la fase gaseosa usada como fuente de calor, la mezcla de las fases sólida y líquida, usándose los productos gaseosos procedentes de la pirólisis de los neumáticos mezclados con vapor de agua en una relación en masa (1, 0-5.0):1. El procedimiento descrito en esta solicitud de patente no prevé el tratamiento de productos secundarios tóxicos generados durante el tratamiento de los neumáticos usados.

25

La patente RU 2276170 describe otro método que comprende la descomposición térmica de los desechos carbonosos en un reactor en un medio de vapor-gas, la separación de los productos de descomposición en productos de vapor-gas y en residuo carbónico sólido, y la trituración de los residuos carbónicos. Previamente a la trituración de los residuos carbónicos, se extrae el metal por separación magnética.

30

El aceite extraído de los productos de vapor-gas por condensación sufre una descomposición térmica en hollín y gas a una temperatura comprendida entre 900 y 2000°C (grados Celsius). Después de la extracción del aceite, los productos de vapor-gas se queman junto con los residuos carbónicos y el hollín se obtiene por filtración de los productos de combustión. Los gases procedentes de la descomposición térmica del aceite se queman y los productos de esta combustión se usan como agente transmisor de calor para el calentamiento exterior del reactor.

35

Los inconvenientes asociados con este método provienen por una parte del consumo específicamente elevado de energía para la producción de 1 kg de hollín, por otra parte, de la gran cantidad de residuos de carbón quemados sin formación de hollín durante la combustión común con los productos de vapor-gas y finalmente la introducción compleja de los desechos en el reactor debido a la necesidad de extraer aceite de los productos de vapor-gas mediante un equipo especial.

40

45

Además, se producen vertidos importantes de productos nocivos de combustión al medioambiente por una gran cantidad de materias quemadas: los gases de la descomposición térmica del aceite, productos de vapor-gas así como una parte de los residuos de carbón triturados. Por otra parte, la calidad del negro de carbono obtenido por este método parece relativamente baja después de la combustión de una parte de los residuos de carbón triturados, reduciéndose la proporción de carbón en el hollín que se forma y aumentando el contenido de cenizas.

50

La patente EP 2236588 describe a su vez un procedimiento para usar agua cargada procedente de un condensado de productos de vapor-gas obtenidos en un reactor de pirólisis, pero este procedimiento se dirige esencialmente a aportar una solución al problema del uso de la biomasa como fuente de energía, en particular como alternativa a las fuentes de energías fósiles tales como el petróleo, el carbón y el gas natural. El procedimiento descrito en esta patente consiste en un procedimiento de tratamiento de aguas cargadas en materias orgánicas que provienen de la termolisis de biomasa, que consiste en inyectar el condensado de agua cargada procedente del reactor de pirólisis en una cámara de combustión de un generador de energía motriz, tal como una turbina de gas.

55

La patente FR2929526 describe un procedimiento y un dispositivo de tratamiento de desechos, pero sin trituración ni uso de un agua cargada como fuente de energía.

60

El tratamiento de las aguas cargadas producidas durante los procedimientos de vapotermolisis de materiales carbonosos, constituye un problema que no se ha abordado seriamente hasta ahora. El tratamiento de materiales carbonosos, en particular de desechos del caucho, y el reciclaje de esta fuente de energía, constituye una tecnología relativamente reciente. Los aspectos de la calidad del negro de carbono obtenido, así como la productividad de las

65

instalaciones que permiten este tratamiento, se han considerado por el momento como una prioridad, en detrimento de otros aspectos relacionados con la rentabilidad energética de estas instalaciones y el respeto de ciertos criterios sanitarios, ecológicos y más generalmente medioambientales.

## 5 Objeto de la invención

La presente invención se dirige a paliar los inconvenientes de la técnica anterior, en particular reduciendo el consumo de energía para la producción de negro de carbono y disminuyendo la cantidad de vertidos nocivos al medioambiente. Se dirige a permitir el tratamiento de las aguas cargadas producidas durante el procedimiento de vapotermólisis de materiales carbonosos y a disminuir las molestias sanitarias y ecológicas asociadas con la aparición y la concentración de esos productos industriales secundarios.

Un primer aspecto de la invención se refiere a un procedimiento de tratamiento de desechos de materiales carbonosos por vapotermólisis según la reivindicación 1.

Según este primer aspecto de la invención, se usa dicha agua cargada procedente de dicho condensado como fuente de energía calorífica de dicho reactor de vapotermólisis.

Al contrario que los procedimientos conocidos que convencionalmente proporcionan el transporte de las aguas amarillas, después de condensación y separación de los productos de combustión, hacia un generador de vapor, el agua cargada procedente del condensado se valoriza así para ser reutilizada en la propia planta de tratamiento de desechos carbonosos. El tratamiento térmico de estas aguas amarillas permite además evitar la liberación de productos tóxicos presentes en estas aguas al medioambiente, lo cual representa un beneficio ecológico y permite también resolver el problema de los malos olores asociados a estas aguas cargadas.

Los humos de combustión que permiten calentar el reactor provienen de la combustión de un combustible y/o de la combustión de los gases no condensados obtenidos después de la condensación de los productos de vapor-gas formados en el reactor por vapotermólisis. Por lo tanto, la fuente de energía calorífica que permite calentar el reactor según la invención puede provenir de la combustión del agua procedente del condensado, combinado con la combustión de un combustible opcionalmente asociado o sustituido por la combustión de los gases no condensados obtenidos después de la condensación de los productos de vapor-gas formados en el reactor por vapotermólisis. Esto permite mejorar el rendimiento energético del procedimiento reduciendo los aportes externos de combustible, siendo uno de los objetivos del procedimiento acercarse lo más posible a la autonomía energética y a la explotación lo más completa posible de todos los recursos proporcionados por los materiales carbonosos tratados.

En una realización particular, los gases no condensados obtenidos después de la condensación de los productos de vapor-gas formados en el reactor por vapotermólisis, son tratados térmicamente, es decir se queman, para calentar el reactor independientemente de la combustión del agua procedente del condensado. De esta forma no hay interferencia entre la combustión del agua procedente del condensado y la combustión de los gases no condensados procedentes de la vapotermólisis de los desechos de materiales carbonosos. Esto permite un mejor control de las combustiones y facilita la regulación de la energía calorífica aportada al reactor.

En una realización particular, el aceite que proviene del condensado se evapora en una primera fracción con una temperatura de ebullición inferior o igual a 200°C, llamada fracción ligera, y una segunda fracción con una temperatura de ebullición superior a 200°C, llamada fracción pesada.

Preferiblemente, la temperatura de ebullición de la fracción ligera está comprendida entre 60°C y 200°C, y la temperatura de ebullición de la fracción pesada está comprendida entre 201°C y 600°C, lo que permite optimizar la calidad de las fracciones ligera y pesada obtenidas.

La separación del aceite en una primera fracción con una temperatura de ebullición inferior o igual a 200°C permite obtener un líquido que presenta una viscosidad pequeña, lo que permite asegurar la impregnación por este líquido de las partículas de la fracción carbónica triturada por el llenado de los poros de dichas partículas. La impregnación de las partículas de los residuos carbónicos por el aceite directamente separado de los productos de vapor-gas, no es posible, ya que dicho aceite tiene una viscosidad elevada y prácticamente no puede penetrar en los poros de las partículas.

La separación del aceite en una segunda fracción con una temperatura de ebullición superior a 200°C permite obtener materias primas de calidad para la producción de negro de carbono, presentando esta fracción una relación de hidrógeno a carbono óptima para asegurar un rendimiento de producción de negro de carbono de alta calidad durante la descomposición térmica de esta fracción.

En una realización de la invención, una parte de los humos de combustión evacuados son condensados en agua que se usa para generar el vapor que es usado para calentar los desechos de material carbonoso triturados en el interior del reactor. Esto permite, aquí también, valorizar al máximo los productos secundarios generados por el tratamiento de materiales carbonosos. Esto permite así el funcionamiento de la instalación que lleva a cabo el

procedimiento según la presente invención reduciendo lo más posible las necesidades externas.

Otro aspecto de la invención se refiere a un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento de tratamiento de los desechos de materiales carbonosos según el primer aspecto de la invención descrito antes. El dispositivo según la presente invención está de hecho particularmente adecuado para permitir la producción de un negro de carbono de calidad, limitando los vertidos tóxicos al medioambiente por la reutilización de las aguas cargadas en un ciclo de producción de la fábrica.

De forma más precisa, se propone un dispositivo de tratamiento de desechos de materiales carbonosos por vapotermolisis según la reivindicación 7.

Según este otro aspecto de la invención, el dispositivo comprende además medios de transporte adecuados para conducir dicha agua cargada de dicho tanque de almacenamiento a dicho quemador, de modo que dicha agua cargada tratada por dicho quemador es una fuente de energía calorífica de dicho reactor.

Los medios de introducción de los desechos de materiales carbonosos trituradas son tales como una tolva, y los productos de combustión recibidos en la envoltura se evacuan por medio de un aspirador de humos a un depurador, un generador de vapor que alimenta de vapor de agua a un recalentador de vapor de modo que se lleve el vapor de agua dentro del reactor a una temperatura comprendida entre 200 y 700°C.

De forma ventajosa, el dispositivo puede comprender además un evaporador que recibe el aceite del separador y adecuado para permitir la evaporación de este en una primera fracción con una temperatura de ebullición inferior o igual a 200°C, llamada fracción ligera, y una segunda fracción con una temperatura de ebullición superior a 200°C, llamada fracción pesada. Preferiblemente, este evaporador permite la evaporación de la fracción ligera con una temperatura de ebullición comprendida entre 60°C y 200°C, y de la fracción pesada con una temperatura comprendida entre 201 y 600°C.

En una realización particular, el condensador puede estar equipado con otros medios de transporte adecuados para conducir los gases no condensados obtenidos después de la condensación de los productos de vapor-gas formados en el reactor por vapotermolisis hacia el quemador.

De forma alternativa, el condensador puede estar equipado con medios de transporte adecuados para conducir los gases no condensados obtenidos después de la condensación de los productos de vapor-gas formados en el reactor por vapotermolisis hacia otro quemador independiente del quemador que permite el tratamiento térmico de las aguas cargadas, lo que permite controlar y regular mejor la combustión del agua procedente del condensado y la de los gases no condensados procedentes de la vapotermolisis de los desechos carbonosos, usados para calentar el reactor.

De forma ventajosa, dicho otro quemador independiente que permite tratar térmicamente los productos de vapor-gas formados en el reactor por vapotermolisis para calentar el reactor, se alimenta con combustible que proviene del tanque.

En una realización, el depurador puede estar conectado a medios de condensación adecuados para recuperar el agua procedente de los productos de combustión, siendo adecuado además el dispositivo para reutilizar el agua recuperada de dichos medios de condensación para generar vapor en el reactor.

### **Descripción de las figuras**

Otras características y ventajas de la invención aparecerán también con la lectura de la siguiente descripción. Esta es solamente ilustrativa y debe leerse en relación con las figuras 1 y 2 que presentan el plano de la instalación que permite llevar a cabo el procedimiento de tratamiento de materiales carbonosos por vapotermolisis según realizaciones de la invención.

### **Descripción detallada de la invención**

Durante un procedimiento convencional de vapotermolisis de materiales carbonosos tales como desechos del caucho, se forma un agua cargada, llamada también agua amarilla o condensado, que corresponde esencialmente al vapor de agua condensado y separado de la fracción líquida de hidrocarburos que contiene la mezcla de hidrocarburos. El análisis de este condensado pone de manifiesto que contiene, entre otros:

- caprolactama (concentración de 1,16 g/l),  $C_6H_{11}NO$ : sustancia principal de la destrucción térmica, lactama del ácido e-épsilon-aminocaproico o la amida cíclica del ácido e-épsilon-aminocaproico, que se presenta en forma de cristales de color blanco. Este compuesto tiene una capacidad de polimerización alta durante el calentamiento (250-260°C) en presencia de una pequeña cantidad de agua, alcohol, aminas, ácidos orgánicos y otras combinaciones, para formar un polímero de valor, la poli-e-caproamida (resina de poliamida) y materias primas para la formación de caprona.

- ácido benzoico (concentración de 0,21 g/l),  $C_6H_5COOH$ : ácido aromático elemental que se presenta en forma de cristales brillantes incoloros.

5 - ciclopentanona (adipencetona, cetopentametileno) (concentración 0,13 g/l),  $C_5H_8O$ : líquido incoloro que presenta un olor acre. Forma derivados de cetonas.

- alcohol furfúrico (2-furilcarbinol) (concentración de 0,11 g/l)  $C_5H_6O_2$ : líquido soluble en agua.

10 - catecol (1,2-dioxibencenos) (concentración de 0,09 g/l)  $C_6H_4(OH)_2$ : se oxida fácilmente a o-benzoquinona.

- fenoles (oxibenzol, ácido carbólico) (concentración de 0,08 g/l)  $C_6H_5OH$ : cristales incoloros que se vuelven rosados a la luz. Obtenidos por separación de alquitrán de hulla, por hidrólisis de clorobenceno del vapor de agua en presencia de un catalizador, etc...

15 - O-dimetoxibenceno (éter dimetílico del resorcinol) (concentración de 0,07 g/l)  $C_6H_4(OCH_3)_2$ .

- p-metoxifenol (concentración de 0,05 g/l)  $CH_3OC_6H_4OH$ .

20 - benzotiazol (concentración de 0,03 g/l)  $C_7H_5NS$ : líquido amarillo que presenta un olor desagradable. Compuesto destilado con vapor de agua.

El conjunto de estos compuestos presentes en las aguas cargadas procedentes de la vapotermolisis de materiales carbonosos reviste un carácter de toxicidad importante no solo para el medioambiente, sino también para el hombre. La emisión de aguas amarillas al medioambiente conlleva una contaminación importante del aire, los suelos y las capas freáticas. Va acompañada además de un fuerte olor desagradable y molesto para el personal y la población que viven cerca de las fábricas de tratamiento de materiales carbonosos. La multiplicación en estos últimos años de proyectos industriales que buscan aportar una solución al problema del reciclaje de los desechos de caucho, ha generado la aparición y concentración de estos productos secundarios nocivos, para los cuales hasta ahora no se ha previsto ningún tratamiento ecológico.

Además, la formación y acumulación de este condensado durante el procedimiento de tratamiento de materiales carbonosos van acompañadas del mal funcionamiento de la instalación industrial de vapotermolisis. La mayor parte de las fábricas de tratamiento de materiales carbonosos que existen eliminan estas aguas amarillas por evaporación. Sin embargo, debido a las propiedades fisicoquímicas de algunos compuestos presentes en las aguas amarillas, se forma una espuma que disminuye considerablemente la eficacia de la evaporación y por lo tanto de la propia eliminación de las aguas amarillas. También es posible que la evaporación de las aguas amarillas produzca una determinada cantidad de lodos que pueden ensuciar algunos conductos y obstruir algunas evacuaciones dentro de la fábrica o cerca de ella.

El funcionamiento de los reactores de tornillo usados en este tipo de fábrica produce inevitablemente el refinamiento del negro de carbono durante la rotación del tornillo y al arrastre del polvo en el sistema de condensación. Como resultado, se encuentra una parte de este polvo en las aguas amarillas. Durante la evaporación, este polvo (constituido en parte por las pequeñas partículas de carbono) permanece en el residuo, produciendo la formación de lodos que ensucian el evaporador.

La presente invención permite resolver estos inconvenientes gracias a un procedimiento de tratamiento de materiales carbonosos por vapotermolisis que permite la obtención de un negro de carbono de calidad y que aporta una solución ecológica al problema de las aguas amarillas.

En referencia al esquema de la realización del dispositivo mostrado en la figura 1, se introducen los desechos de material carbonoso triturados, que en este ejemplo se presentan en forma de caucho triturado, en la tolva 1 equipada con cierres cerrados 2 y 3. Después de esto, se abre el cierre 2 de modo que los desechos de la tolva 1 caen abajo y permanecen sobre el cierre 3. Después se abre el cierre 3 y la porción de desechos cae al reactor cilíndrico 4. Después se cierra el cierre 3. Simultáneamente con el motor 5, se inicia la rotación del tornillo 6 instalado en el reactor cilíndrico 4. Los desechos sólidos triturados son cogidos por el tornillo y arrastrados al reactor cilíndrico 4 hacia la salida 7 equipada con el cierre rotatorio 9 antes de ser sometidos a las etapas posteriores de tratamiento para la obtención del negro de carbono (etapas descritas en particular en la solicitud internacional de patente WO 2012/140375). El tiempo de desplazamiento de los desechos en el reactor cilíndrico es regulado por la velocidad de rotación del tornillo 6. Simultáneamente al inicio del procedimiento y al desplazamiento de los desechos, se introduce combustible que proviene del tanque 10 mediante la válvula reguladora 11 al quemador 12, donde se quema. Los productos de esta combustión, que se presentan en forma de humos de combustión, son dirigidos hacia la envoltura 13 del reactor 14. Al pasar por la envoltura 13, los humos de combustión del combustible calientan el reactor, enfriándose a su vez, y con ayuda del aspirador de humos 14, son evacuados hacia el depurador 15.

El generador de vapor 16 alimenta con vapor de agua el recalentador de vapor 17, a través de la válvula 18, de modo que lo lleva a una temperatura comprendida entre 200 y 700°C, preferiblemente de 400 a 600°C. Para esto, el combustible que proviene del tanque 10 alimenta al quemador 19 a través de la válvula 20 para ser quemado. Los residuos del material carbonoso se calientan en el interior del reactor 4 en contacto con el vapor de agua llevado a la temperatura de 200-700°C. Los humos de combustión de la envoltura 13 se enfrían hasta una temperatura comprendida entre 200 y 450°C, antes de ser evacuados con ayuda del aspirador de humos 14 en el depurador 15.

El vapor de agua sobrecalentado que proviene del recalentador de agua 17 se lleva por la válvula 21 al reactor cilíndrico 4. La temperatura del vapor se controla según las indicaciones del sensor de temperatura 22 con el fin de no sobrepasar una temperatura de sobrecalentamiento. Los desechos de caucho se desplazan en el reactor 4 y se calientan en contacto con las paredes calientes del reactor y por intercambio calorífico convectivo con el vapor de agua suministrado al reactor. Resulta una vapotermolisis de los desechos con desprendimiento de los productos gaseosos y de los residuos sólidos de carbono.

Los productos de vapor-gas formados, procedentes de la vapotermolisis de los desechos de material carbonoso triturados, se evacuan del reactor 4 al condensador 24 por la salida 8 a través de la válvula 23. En el condensador 24 se condensan por intercambio térmico con el agua de refrigeración para formar un condensado que contiene agua y aceite. El condensado después es transportado hacia el separador 25 donde se separa el agua del aceite. El agua obtenida después de esta separación presenta un color amarillo y un fuerte olor desagradable. Contiene, además de los hidrocarburos residuales, compuestos tóxicos entre los que se encuentran, entre otros, la caprolactama, ácido benzoico, ciclopentanona, alcohol furfúrico, catecol, fenol, o-dimetoxibenceno, p-metoxifenol, benzotiazol como se ha detallado anteriormente. Esta agua amarilla se transporta al tanque de almacenamiento 26 para posteriormente ser tratada térmicamente en el quemador 12.

El aceite que proviene del separador 25 se transfiere hacia el evaporador 27 a través de la válvula 28. En el evaporador, se separa en una primera fracción con una temperatura de ebullición inferior o igual a 200°C (fracción ligera) y una segunda fracción con una temperatura de ebullición superior a 200°C (fracción pesada).

La fracción gaseosa no condensada que proviene del condensador 24 a través de la válvula 29 se puede quemar en el quemador 12.

En otra realización representada en la figura 2, los productos de vapor-gas no condensados obtenidos después de la condensación de los productos de vapor-gas formados en el reactor 4 por vapotermolisis, son tratados térmicamente en el quemador 12-a para calentar directamente el reactor 4, esto independientemente de la combustión de las aguas cargadas procedentes del condensado que también son quemadas, pero por otro quemador 12-b, para calentar el reactor 4. En esta realización, el quemador 12-a se alimenta con combustible que proviene del tanque 10 por medio de la válvula 11. El tanque 10 también está conectado al quemador 19 del recalentador de vapor 17.

Gracias al procedimiento de tratamiento de materiales carbonosos por vapotermolisis que se ha descrito antes, los productos secundarios tóxicos representados por las aguas cargadas procedentes de la condensación de los productos de vapotermolisis de desechos del caucho, son tratados y reutilizados en el circuito de producción de negro de carbono. El procedimiento propuesto permite por lo tanto responder al problema de la contaminación asociada con la aparición y la concentración de aguas amarillas en las fábricas de tratamiento de material carbonoso. Permite disminuir incluso suprimir totalmente los riesgos de ensuciamiento y obstrucción de los conductos y salidas de estas fábricas. Finalmente, representa una alternativa al tratamiento de estas aguas cargadas particularmente interesante en la medida en que permite no solo suprimir las molestias que tenía asociadas, sino también valorizar estos productos secundarios proporcionando su uso como fuente de energía calorífica para la termolisis de residuos carbonosos.

La invención se ilustra mediante el siguiente ejemplo:

Dispositivo para llevar a cabo el procedimiento de tratamiento de materiales carbonosos por vapotermolisis según realizaciones de la invención

En el siguiente ejemplo, la unidad que permite llevar a cabo el procedimiento según la invención está compuesto de 2 líneas de vapotermolisis con una capacidad mínima de tratamiento de neumáticos triturados de 1 t/h cada una, que están unidas por varios equipos en común: una línea común de tratamiento del negro de carbono y un sistema común de tratamiento de los vertidos gaseosos y acuosos.

Elementos del equipo

La unidad comprende esencialmente los bloques de equipos siguientes:

A - Equipo de la línea de vapotermolisis:

B - Equipo de la línea de tratamiento del carbono: y

C - Equipo para el tratamiento de los vertidos atmosféricos y acuosos.

A - Equipo de la línea de vapotermolisis:

A-1. Sistema de transportadores para la alimentación de los dos reactores:

La densidad aparente del triturado de neumáticos se caracteriza por el valor bajo de 400-500 kg/m<sup>3</sup> (tamaño de los trozos 50 mm por 50 mm), de donde resulta que el transportador de cada reactor debe suministrar hasta 2,5 m<sup>3</sup>/h de materias primas. Se puede usar una tolva con una capacidad mínima de 20 horas de funcionamiento, es decir, 50 m<sup>3</sup>.

A-2. Válvulas de la tolva de carga-descarga del reactor:

La alimentación de los reactores se puede controlar por válvulas dobles de la tolva ("*double dump gate, double flapgate air-lock valve*", en inglés) con una sección de paso D que puede ser igual a 250 mm (10 pulgadas), por ejemplo, una capacidad de transmisión de hasta 4 m<sup>3</sup>/h, por ejemplo, es adecuada.

La apertura de la segunda válvula se hace cuando se ha alcanzado un determinado nivel de peso/volumen en el espacio entre las dos válvulas. La doble válvula de descarga se controla por frecuencia con respecto a las válvulas de carga, con el fin de verificar que no hay acumulación de materia en el reactor. Por lo tanto, se vigila la cantidad de productos sólidos formados (es decir, aproximadamente 45% del triturado que entra, en un ejemplo).

Además, la compuerta de carga en la parte superior de la tolva está equipada con un sistema de inyección de nitrógeno, con el fin de impedir la entrada de aire en el reactor de tornillo.

A-3. Transportador de tornillo para la descarga de carbono:

Cada una de las líneas de producción se puede equipar con un transportador de tornillo que permite disminuir la temperatura del negro de carbono a la salida del reactor. El negro de carbono producido se une después con la parte de tratamiento del sólido común al conjunto de la instalación.

A-4. Reactor de tornillo de pirólisis por vapor de neumáticos:

El reactor de termolisis comprende tres cámaras de tornillo cilíndricas superpuestas (que tienen, por ejemplo, un diámetro Ø = 600 mm, un espesor de pared t = 6 mm, una longitud de la cámara L1 = 6 m, y una longitud total con los motores y rodamientos L3 = 9,5 m) en los que tiene lugar la termolisis de los neumáticos. El transporte del triturado en las cámaras se realiza mediante tres tornillos sin fin que giran a una velocidad regulada por un convertidor alterno (electrónico) de la capacidad del motor eléctrico del tornillo sin fin.

La alimentación del triturado se hace por la entrada de la cámara superior y comienza el calentamiento. Después, los neumáticos se dirigen mediante el tornillo sin fin (acero inoxidable SS 321) por toda la longitud de la cámara, y después de esto caen a la segunda cámara de termolisis situada debajo de la primera y la temperatura aumenta, y después pasan en la tercera cámara donde se completa la reacción (acero inoxidable SS 310).

Los tornillos sin fin giran mediante una transmisión por cadena de un solo motorreductor de tipo planetario conocido por el experto en la técnica, con una capacidad superior a 5 kW y un variador mecánico o alterno (electrónico) de potencia-velocidad de rotación.

Los tornillos sin fin se calientan mediante transferencia de calor por radiación en la envoltura del reactor (13), donde circulan los gases de combustión calientes (1000-1050°C) que resultan de la combustión del gas de termolisis.

En el espacio de calentamiento del horno fuera de los tornillos, hay un serpentín de sobrecalentamiento del vapor (17) hasta la temperatura de 500-600°C bajo una presión máxima de 5 bar, este también usa el calor de los humos. Este vapor sobrecalentado después se inyecta en el tornillo de entrada del triturado de neumáticos.

Las fracciones gaseosas de descomposición del neumático mezcladas con el vapor de agua se extraen en la parte media del reactor y se dirigen al condensador (24) de los productos gaseosos de termolisis.

A-5. Cámara de combustión del gas de termolisis:

La cámara de combustión permite suministrar la energía (a partir de la combustión de los productos obtenidos durante la termolisis) necesaria para la reacción de la termolisis. La cámara de combustión está equipada con un quemador automático estandarizado de gas (para la combustión del gas de termolisis) y combustible líquido de tipo *Weishaupt WM-GL 10*.

Un ventilador lleva aire a la reacción de combustión que tiene lugar en los quemadores con un consumo de aire estimado de 2400 kg/h por cámara de combustión. El gas de termolisis que queda después de la condensación del

fueloil de termolisis en el condensador también se inyecta en la cámara de combustión.

A-6. Dispositivo de tratamiento de las aguas amarillas:

5 Las aguas amarillas producidas en el condensador se inyectan directamente en la llama de un quemador de ciclón mediante un conjunto de boquillas de pulverización.

10 Se determinan la temperatura y el tiempo de permanencia para garantizar la oxidación completa de los compuestos orgánicos y la eliminación TOTAL de los olores. Además, el polvo de carbono contenido en las aguas amarillas no forma cenizas en el interior del quemador porque se ha oxidado. La limpieza de la cámara de combustión se realiza aproximadamente una vez al año.

15 El hecho de añadir vapor de agua (procedente del tratamiento de las aguas amarillas) a los humos de combustión para que haga la función de agente de transmisión de calor tiene ciertas ventajas con respecto al uso de los humos como agente de transmisión de calor:

20 1. La capacidad calorífica másica del transmisor de calor vapor-gas es de 20 a 25% superior a la capacidad térmica específica de los productos de combustión solos (gas de humos), lo que permite disminuir el consumo de aire a añadir al transmisor de calor de 20 a 25%.

25 2. La adición del vapor de agua en los humos asegura la disminución no solo del oxígeno, sino también de otros productos de combustión nocivos (óxido de carbono, óxidos de nitrógeno, etc.) en los humos gracias a su dilución por el vapor de agua, por lo tanto, este agente transmisor de calor es ecológicamente más puro que los productos de combustión del fueloil líquido usados para el calentamiento del reactor de tornillo.

30 3. Este agente transmisor de calor vapor-gas tiene un coeficiente de intercambio térmico más ventajoso que el de los gases de combustión solos, lo que permite aumentar el rendimiento del intercambio a nivel de los reactores de tornillo y del generador de vapor.

30 A-7. Generador de vapor:

35 Los generadores de vapor permiten fabricar el vapor de agua necesario para la optimización de la reacción de termolisis de los neumáticos en el reactor. El vapor se fabrica a partir de agua que proviene del depurador (15). El generador de vapor (16) usa solo el calor de los gases de humos después del calentamiento del reactor de termolisis (4).

A-8. Condensador de combustible:

40 Las fracciones gaseosas procedentes del reactor de termolisis (4) se condensan en fueloil. Las fracciones gaseosas pasan por las secciones del condensador enfriadas con agua, lo que produce la condensación del fueloil. El fueloil condensado fluye en la parte inferior del condensador desde donde se transporta hacia los equipos de destilación del fueloil. La temperatura de condensación permitirá recuperar el fueloil así como condensar el vapor de las aguas amarillas.

45 A-9. Equipo para la recogida y separación de condensados:

50 La recogida del fueloil de termolisis de los condensadores se realiza en dos separadores estáticos (25) de 10 m<sup>3</sup> cada uno. El tiempo de permanencia es lo suficientemente largo para que tenga lugar la decantación con la separación en 3 fases: betún pesado, agua y fueloil.

Un detector de nivel (tipo Liquiphant) permite controlar el nivel de los diferentes productos y evitar que se inyecte fueloil en el quemador en lugar de las aguas amarillas. Se proporcionará un tanque pulmón para las aguas amarillas antes de la inyección en el quemador.

55 A-10. Rectificación del fueloil:

60 Este conjunto está constituido por el evaporador de la fracción ligera y el condensador de la fracción ligera. Se trata de separar con precisión las dos fracciones del fueloil (pesada y ligera) con el fin de controlar con la mayor precisión posible las características de la fracción pesada y, en particular, su punto de inflamación.

65 El fueloil condensado en el condensador se dirige hacia un evaporador que usa un calentamiento eléctrico para vaporizar la fracción ligera. La fracción pesada permanece líquida y se bombea directamente a los tanques de almacenamiento del fueloil pesado. La fracción ligera en el estado gaseoso sale por la parte superior y después se dirige hacia el condensador de la fracción ligera con el fin de volver al estado líquido para después ser bombeado a los tanques de almacenamiento del fueloil ligero.



B - Equipo de la línea de tratamiento de carbono:

B-11. Equipo de la línea de tratamiento de carbono:

- 5 Los residuos sólidos de los productos de la termolisis se llevan sobre los vibrotamices mediante un transportador de tornillo.

10 Después, un transportador de tornillo transporta el negro de carbono al silo de almacenamiento pulmón de negro de carbono. Las materias tratadas después de la trituración se dirigen a la separación magnética, donde tiene lugar el procedimiento de separación del carbono y de las cuerdas metálicas, el metal se acumula en la tolva y después se transporta al contenedor de almacenamiento antes de su eliminación.

C - Equipo para el tratamiento de vertidos atmosféricos y acuosos.

- 15 C-12. Depurador para el lavado de vertidos gaseosos y la condensación del vapor:

20 Equipo estandarizado y común a las dos líneas de producción. El depurador (15) permite tratar los humos procedentes de la combustión del gas de termolisis y el fueloil en el quemador, y así limitar los vertidos de contaminantes (principalmente SOx y NOx). Así pues, se lleva a cabo un lavado básico de los humos de combustión. Una sonda de pH colocada en el agua de lavado permite regular la cantidad de NaOH inyectado. La capacidad de lavado del gas del depurador está limitada a 20.000 Nm<sup>3</sup>/h con una temperatura del vertido de gases en el ambiente cercana a 50°C.

25 Después, los gases se transportan a una chimenea de evacuación con una altura mínima de 10 m. Esta chimenea comprende una plataforma de medición de acuerdo con la norma NF X 44 052 que está colocada de manera que permita puntos de medición relevantes (rectitud de la tubería corriente arriba y corriente abajo, régimen de flujo, ...). Se coloca un purgado en el depurador para realizar la desconcentración del agua de circulación del ciclo de lavado de los gases con el fin de mantener concentraciones suficientemente bajas para garantizar una buena transferencia de materia. El revestimiento está previsto para resistir las altas temperaturas de gas.

30 Características de los productos

1. Fueloil de termolisis:

- 35 La instalación tal como se ha descrito antes produce el fueloil de termolisis en una cantidad de 400-450 kg de fueloil por tonelada de triturado de neumáticos. El fueloil de termolisis procedente de la instalación presenta las siguientes características:

Tabla 1 - Características del fueloil de termolisis

Parámetros	Unidad	Valores
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	940 a 1050
Viscosidad a 20°C	cSt	≥ 9,5
Viscosidad a 100°C	cSt	≤ 40
Volumen destilado a 250°C Volumen destilado a 350°C	% v/v evaporado	<65 <85
Punto de inflamación	°C	≥ 70
Aspecto visual	--	oscuro a 20°C
Contenido de agua	% de masa	<0,5
Contenido de compuestos insolubles	% de masa	<0,25
Contenido de azufre	% de masa	<1
Punto de turbidez	°C	+2 máximo
Punto de fluidez	°C	-9 máximo
Residuo de carbono (respecto al residuo 10% de destilación)	% de masa	0,30 máximo
Índice de cetano medido	--	40 mínimo

40 2. Negro de carbono:

45 La instalación produce el producto sólido llamado negro de carbono según la relación de 350 kg de negro de carbono por tonelada de triturado de neumáticos. El negro de carbono obtenido en estas condiciones presenta las siguientes características:

Tabla 2 - Características del negro de carbono

Parámetros	Unidades	Valores
pH		<7,9
Superficie específica	m <sup>2</sup> /g	> 60

Parámetros	Unidades	Valores
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	<375
Cenizas	% de masa	<14
Humedad	% de masa	<1
Hidrocarburos	% de masa	<1
Materia orgánica	% de masa	<5
Azufre	% de masa	<1,5
COV	% de masa	<2
Índice de yodo	mg/g	<150
Metales pesados	mg/Kg	<1000
Cromo	mg/kg	<60
Mercurio	mg/kg	<60
Bario	mg/kg	<1000
Selenio	mg/kg	<500
Antimonio	mg/kg	<60
Cadmio	mg/kg	<75
Arsénico	mg/kg	<2
Plomo	mg/kg	<90

Normas ecológicas

5 Los vertidos de la unidad según la presente invención al medioambiente están conformes con las normas aplicables según la reglamentación francesa y le reglamentación aplicable a las instalaciones sujetas al régimen de Instalaciones clasificadas para la protección del medioambiente (ICPE) en particular, la orden prefectoral que regula los vertidos autorizados.

10 1. Vertidos acuosos

Los únicos vertidos acuosos producidos por la instalación corresponden al purgado de la desconcentración del depurador para el tratamiento de los humos de combustión. El caudal máximo de purgado de desconcentración no supera 0,5 m<sup>3</sup>/h o 12 m<sup>3</sup>/día.

Caudal de referencia Parámetro	Máximo diario: 35 m <sup>3</sup> /l	
	Concentración máxima diaria (mg/l)	Flujo máximo diario (g/l)
MEST	30	900
Carbono orgánico total	40	1200
DCO bruto	125	3750
DBO bruto	40	1200
Mercurio y sus compuestos, expresados en mercurio	0,03	0,9
Cadmio y sus compuestos, expresados en cadmio	0,05	1,5
Talio y sus compuestos, expresados en talio	0,05	1,5
Arsénico y sus compuestos, expresados en arsénico	0,1	3
Plomo y sus compuestos, expresado en plomo	0,2 mg/l	6
Cromo y sus compuestos, expresados en cromo	0,5 (de los cuales Cr6+: 0,1)	15 (de los cuales Cr6+: 3)
Cobre y sus compuestos, expresados en cobre	0,5	15
Níquel y sus compuestos, expresados en níquel	0,5	15
Fluoruros	15	450
CN libres	0,1	3
Hidrocarburos totales	5	150
AOX	5	150
Dioxinas y furanos	0,3 ng/l	9 µg/l

15 2. Vertidos atmosféricos

Los vertidos atmosféricos de la instalación están compuestos de:

- 20 - gases de combustión después de su tratamiento por el lavador de gas,  
 - extracciones de aspiración del aire que limitan el nivel de polvo después del tratamiento del carbono y que son tratados por un filtro de mangas y después usados como aire de combustión.

Estos vertidos gaseosos respetan los siguientes límites de concentración:

25 Conducto nº 1: Lavador de gases

a) Polvos totales, HCl, HF, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, COT

Parámetros	Concentración Valor medio		Flujo Valor medio diario g/h	
	Diario mg/Nm <sup>2</sup>	en ½ hora mg/Nm <sup>2</sup>	2 líneas de funcionamiento	1 línea de funcionamiento
Polvos totales	10	20	150	80
Cloruro de hidrógeno (HCl)	10	20	150	80
Fluoruro de hidrógeno (HF)	1	2	15	8
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	50	200	750	375
Óxidos de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	200	400	3000	1600
Monóxido de carbono (CO)	50	100	750	400
Sustancias orgánicas en estado gaseoso o vapores expresadas en carbono orgánico total (COT)	10	20	150	80

5 b) Metales

Parámetros (bajo todas las formas físicas)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )	Flujo Valor medio diario (g/h)	
		2 líneas de funcionamiento	1 línea de funcionamiento
Cadmio y sus compuestos, expresados en cadmio (Cd) + Talio y sus compuestos, expresados en talio (Tl)	0,05	0,75	0,4
Mercurio y sus compuestos, expresados en mercurio (Hg)	0,05	0,75	0,4
Total de otros metales y sus compuestos (Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V)	0,5	7,5	4

c) Dioxinas y furanos

Parámetros	Concentración	Flujo Valor medio diario	
		2 líneas de funcionamiento	1 línea de funcionamiento
Dioxinas y furanos	0,1 ng/m <sup>3</sup>	1,5 µg/h	0,8 µg/h

10 Los resultados de las mediciones realizadas para verificar el cumplimiento de los valores límite de emisión se dan en condiciones normales de temperatura y presión, es decir, 273 K, para una presión de 101,3 kPa, con un contenido de oxígeno de 11% respecto al gas seco.

15 La presente invención se ha descrito e ilustrado en la presente descripción detallada y en las figuras adjuntas. La presente invención no está limitada a las realizaciones presentadas. El experto en la materia puede deducir e implementar otras variantes y realizaciones al leer la presente descripción y las figuras adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de tratamiento de desechos de materiales carbonosos por vapotermolisis que comprende:

- 5 - la trituración de los desechos,
- introducción de los desechos triturados en un reactor de vapotermolisis (4) calentado por humos de combustión, introduciéndose humos cargados en vapor de agua en el interior de dicho reactor, de manera que llevan dichos desechos triturados a una temperatura comprendida entre 200 y 700°C durante una reacción de vapotermolisis formando productos de vapor-gas,
- 10 - el enfriamiento de dichos humos de combustión a una temperatura comprendida entre 200 y 450°C y su evacuación,
- 15 - la evacuación fuera de dicho reactor de dichos productos de vapor-gas formados en dicho reactor,
- la condensación de dichos productos de vapor-gas evacuados para obtener un condensado,
- 20 - la separación de dicho condensado en agua cargada que contiene hidrocarburos residuales y en aceite,
- caracterizado porque se usa una combustión de dicha agua cargada procedente de dicho condensado como fuente de energía calorífica de dicho reactor de vapotermolisis (4), comprendiendo dicha fuente de energía calorífica además dichos humos de combustión que provienen de la combustión de un combustible y/o de la combustión de gases no condensados obtenidos después de la condensación de dichos productos de vapor-gas.

25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dichos gases no condensados se tratan térmicamente para calentar dicho reactor independientemente de la combustión de dicha agua cargada procedente de dicho condensado.

30 3. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichos desechos triturados se llevan a una temperatura comprendida entre 400 y 600°C en el interior de dicho reactor.

35 4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el aceite procedente de dicho condensado se evapora en una primera fracción con una temperatura de ebullición inferior o igual a 200°C, llamada fracción ligera, y una segunda fracción con una temperatura de ebullición superior a 200°C, llamada fracción pesada.

40 5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que la temperatura de ebullición de dicha fracción ligera está comprendida entre 60°C y 200°C, y la temperatura de ebullición de dicha fracción pesada está comprendida entre 201°C y 600°C.

45 6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que una parte de dichos humos de combustión evacuados y condensados en agua que se usan para generar vapor se usa a su vez para calentar dichos desechos triturados en el interior de dicho reactor.

7. Dispositivo de tratamiento de desechos de materiales carbonosos por vapotermolisis que comprende:

50 - un reactor de vapotermolisis (4) destinado a recibir los desechos triturados, ser alimentado por un combustible que proviene de un tanque (10) y a recibir los humos cargados de vapor de agua, para llevar los desechos triturados a una temperatura comprendida entre 200 y 700°C durante una reacción de vapotermolisis formando productos de vapor-gas, estando provisto dicho reactor de:

- \* medios de introducción (1) de los desechos triturados en dicho reactor,
- \* un quemador (12, 12-b) que genera productos de combustión,
- 55 \* una envoltura (13) que recibe dichos productos de combustión para calentar dicho reactor,
- \* una salida (8) de dicho reactor destinada a evacuar dichos productos de vapor-gas,
- \* un aspirador de humos (14) para la evacuación de los humos de combustión,
- \* un depurador (15) hacia el que se evacuan los humos de combustión,
- \* un generador de vapor (16) a partir del agua que proviene del depurador, y
- 60 \* un recalentador de vapor (17) alimentado con vapor de agua por el generador de vapor, de manera que lleve el vapor de agua en el interior del reactor a una temperatura comprendida entre 200 y 700°C,

- un condensador (24) para llevar a cabo la condensación de dichos productos de vapor-gas evacuados con el fin de obtener un condensado,

65 - un separador (25) conectado a dicho condensador para realizar la separación de dicho condensado en agua cargada que contiene hidrocarburos residuales y en aceite,

- un tanque de almacenamiento (26) destinado a recibir dicha agua cargada,

caracterizado por que el dispositivo comprende además medios de transporte adecuados para conducir dicha agua cargada de dicho tanque de almacenamiento a dicho quemador, de manera que dicha agua cargada tratada por dicho quemador sea una fuente de energía calorífica de dicho reactor de vapotermolisis (4), comprendiendo dicha fuente de energía calorífica además dichos productos de combustión que provienen de la combustión de dicho combustible y/o de la combustión de gases no condensados obtenidos después de la condensación de dichos productos de vapor-gas.

5  
10 8. Dispositivo según la reivindicación 7, en el que dichos humos de combustión son evacuados mediante un aspirador de humos (14) hacia un depurador (15), un generador de vapor (16) que alimenta con vapor de agua un recalentador de vapor (17) de manera que lleva el vapor de agua en el interior de dicho reactor (4) a dicha temperatura comprendida entre 200 y 700°C,

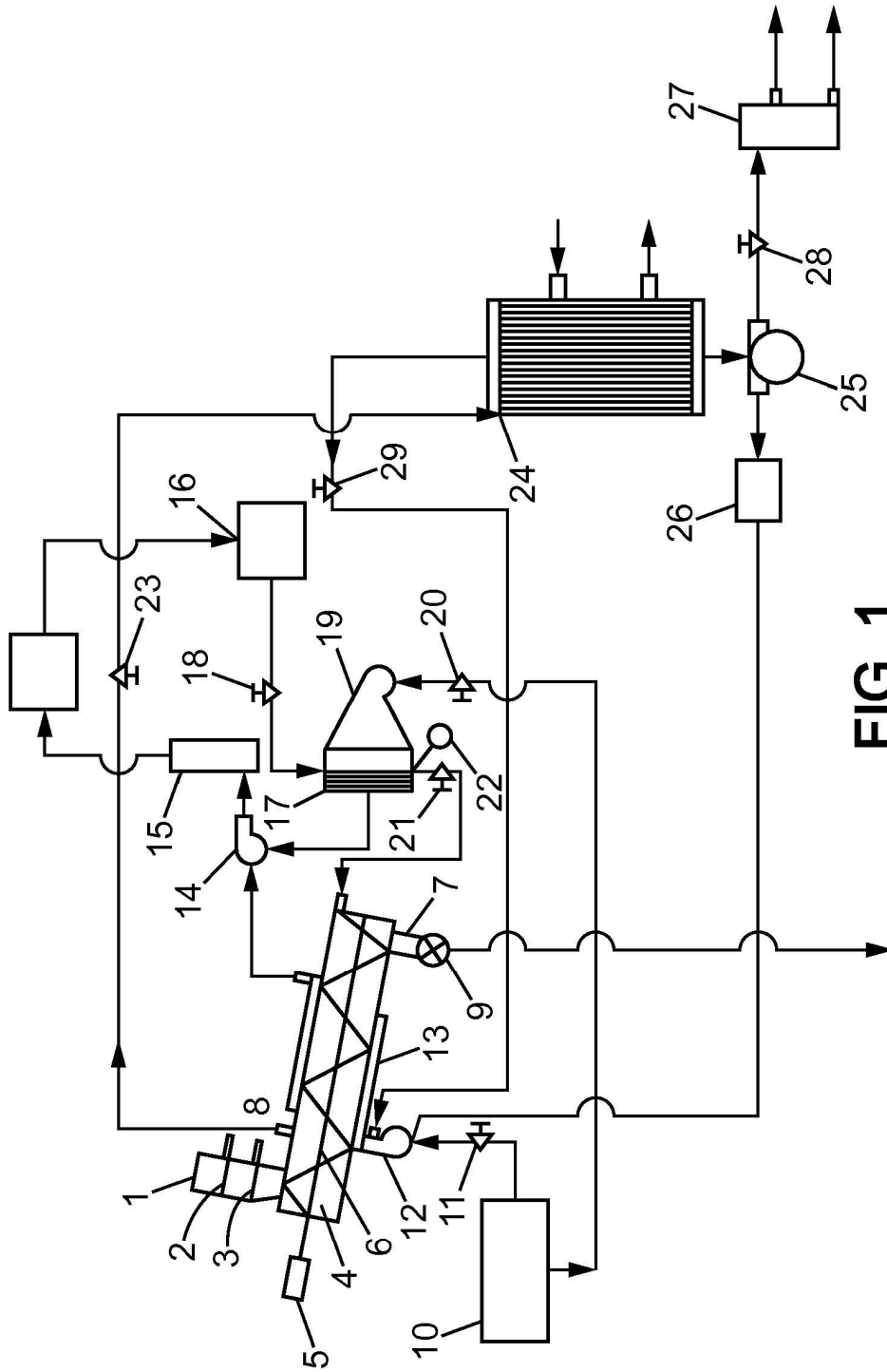
15 y en el que dicho depurador está conectado a medios de condensación adecuados para recuperar el agua procedente de dichos humos de combustión y reutilizarla para generar vapor de agua en dicho reactor (4).

9. Dispositivo según la reivindicación 7 u 8, que comprende además un evaporador (27) que recibe aceite de dicho separador (25) y adecuado para permitir la evaporación de este en una primera fracción con una temperatura de ebullición inferior o igual a 200°C, llamada fracción ligera, y una segunda fracción con una temperatura de ebullición superior a 200°C, llamada fracción pesada.

20  
25 10. Dispositivo según las reivindicaciones 7 a 9, en el que dicho condensador (24) está equipado con otros medios de transporte adecuados para conducir dichos gases no condensados obtenidos después de la condensación de dichos productos de vapor-gas hacia dicho quemador (12).

11. Dispositivo según las reivindicaciones 7 a 9, en el que dicho condensador (24) está equipado con otros medios de transporte adecuados para conducir dichos gases no condensados obtenidos después de la condensación de dichos productos de vapor-gas a otro quemador (12-a) independiente de dicho quemador (12-b) que permite el tratamiento térmico de dicha agua cargada.

30 12. Dispositivo según la reivindicación 11, en el que dicho otro quemador (12-a) es alimentado además por dicho combustible que proviene de dicho tanque (10).



**FIG. 1**

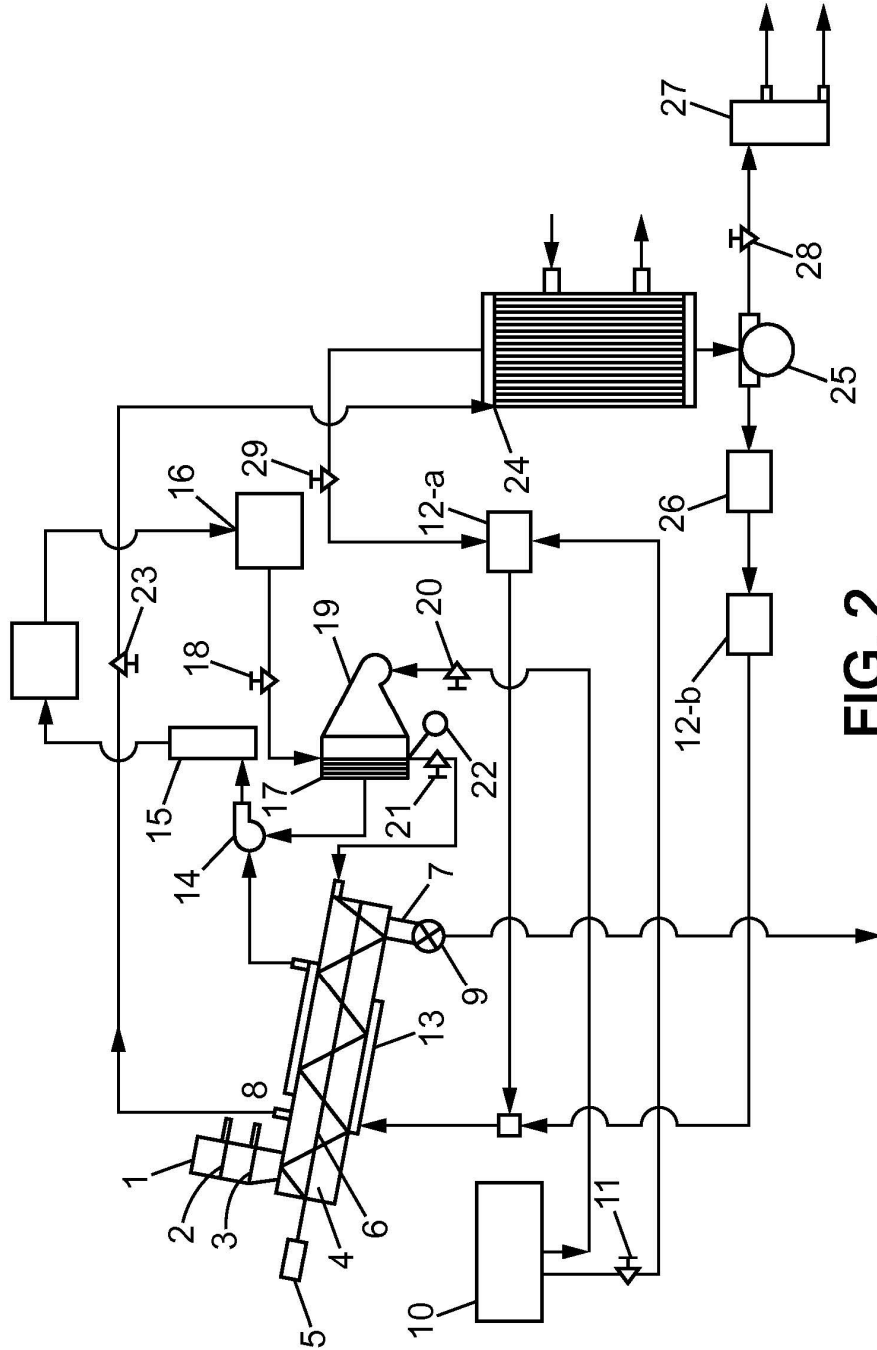


FIG. 2