

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 538 096**

51 Int. Cl.:

C10B 1/04 (2006.01)

C10B 53/07 (2006.01)

C10G 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.01.2012 E 12706186 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2015 EP 2661475**

54 Título: **Reactor térmico**

30 Prioridad:

05.01.2011 DE 102011000037

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

17.06.2015

73 Titular/es:

**PYRUM INNOVATIONS INTERNATIONAL S.A.
(100.0%)
82 route d'Arlon
1150 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:

SCHULZ, KLAUS-PETER

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 538 096 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

Reactor térmico

5 La invención se refiere a un reactor térmico para el reciclaje termolítico continuo de granulados de neumáticos desgastados, granulados de residuos de vulcanización y granulados de plásticos de desecho y productos similares, presentando el reactor térmico una parte de entrada, una parte central de zona de calentamiento y una parte de salida, que están dispuestas verticalmente una debajo de otra.

10 Según el estado de la técnica se realiza el reciclaje de materia reciclable de granulados de neumáticos desgastados, granulados de residuos de vulcanización y granulados de plásticos de desecho predominantemente en reactores tubulares giratorios, de manera menos frecuente en reactores de combustible fluidizado, de lecho fluidizado o de lecho de arrastre, ya que éstos se encuentran aún en la fase de desarrollo. Así, los denominados reactores de pozo o verticales se usaron hasta ahora predominantemente como intercambiadores de calor para el calentamiento, la
 15 sinterización y el enfriamiento de productos a granel que pueden fluir o para la pirolisis de desechos orgánicos para la generación de combustibles secundarios. Por el documento WO 2010/127664 A1 se conocen un procedimiento de pirolisis de múltiples etapas, energéticamente autárquico y que funciona continuamente para la recuperación fragmentada de materiales reciclables y energía a partir de compuestos orgánicos reticulados de alto peso molecular que pueden fluir, en particular a partir de granulados de neumáticos desgastados, granulados de perfiles de obturación y otros granulados de plástico, así como un dispositivo para la realización del procedimiento. Para
 20 desarrollar un procedimiento de pirolisis energéticamente autárquico, que funciona continuamente para granulados orgánicos que pueden fluir de acuerdo con el preámbulo, se propone allí que los granulados recorran un reactor de pirolisis vertical, de múltiples etapas de arriba debajo de manera gravimétrica, calentándose éstos hasta temperaturas de procedimiento que pueden ajustarse escalonadamente de manera distinta en el intervalo de 300
 25 1.200 °C y sometidos a pirolisis. Una condensación posterior fragmentada de los vapores de pirolisis produce una recuperación de compuestos de aceite y gas y un aprovechamiento motriz secundario del gas de pirolisis genera la energía necesaria para el proceso de pirolisis.

30 El objetivo de la presente invención es desarrollar un reactor térmico que funciona continuamente para un procedimiento de pirolisis de este tipo, que permita someter a granulados de neumáticos desgastados, granulados de residuos de vulcanización y granulados de plásticos de desecho a un reciclaje termolítico continuo, sin dispositivos de transporte y de mezclado motrizmente giratorios adicionales o dispositivos de esponjamiento neumáticos.

35 Este objetivo se consigue de acuerdo con la invención debido a,

- que el reactor térmico presenta una parte de entrada, una parte central de zona de calentamiento y una parte de salida que están dispuestas verticalmente una debajo de otra,
- que en la parte central de zona de calentamiento está dispuesto centralmente en el reactor térmico un tubo de aspiración, cuya superficie de revestimiento presenta numerosos orificios y/o ranuras para la desviación de los vapores de compuestos de hidrocarburos de cadena corta que se producen y colocándose en el tubo de aspiración campanas en forma de cono dispuestas una sobre otra y estando previstos medios para la eliminación por aspiración de los vapores de compuestos de hidrocarburos del tubo de aspiración, y
- que en la parte central de zona de calentamiento en el revestimiento externo están dispuestas una pluralidad de
 45 placas de calefacción dispuestas radialmente, que están dispuestas de manera desplazada una con respecto a otra en los planos de calefacción que se encuentran uno sobre otro.

50 Se ha mostrado en el contexto de la invención que a pesar de la mala conducción térmica de estas sustancias es posible con un reactor térmico vertical de este tipo reciclar en funcionamiento continuo granulados de neumáticos desgastados, granulados de residuos de vulcanización y granulados de plásticos de desecho, dado que éstas se someten a un mezclado homogéneo y un calentamiento. Las materias recorren el reactor térmico vertical de arriba abajo en atmósfera pobre en oxígeno y que se encuentra por debajo de la presión atmosférica y se disocian a este respecto térmicamente en compuestos de hidrocarburos en forma de vapor de cadena corta y en sólidos (coque) que representan materias primas valiosas.

55 En la parte de entrada se realiza la entrada de material dosificada en el reactor térmico. En la parte central de zona de calentamiento se realiza una separación fragmentada de los productos de termólisis producidos en sólido y vapor a temperaturas que se encuentran preferentemente entre 500 °C y 600 °C, eliminándose por aspiración los vapores de compuestos de hidrocarburos en la parte central de zona de calentamiento y condensándose a continuación para dar compuestos de aceite con distintas composiciones y para dar gas permanente. En la parte de salida se acumula el sólido a modo de coque que se produce en el proceso de termólisis y se retira del reactor térmico a través de una salida de sólido.

65 Se encuentra en el contexto de la invención que tanto en un plano de calefacción como de un plano de calefacción al plano de calefacción adyacente están dispuestas de manera alterna placas de calefacción cortas y largas.

Esta medida produce con la disposición desplazada de las placas de calefacción un buen mezclado y un calentamiento homogéneo del material.

5 Una configuración adicional preferente de la invención consiste en que las placas de calefacción puedan insertarse en ranuras de correspondiente tamaño en el revestimiento externo del reactor térmico y puedan sacarse de estas ranuras.

Esto permite un mantenimiento rápido o un intercambio rápido de placas de calefacción defectuosas.

10 Es ventajoso que las placas de calefacción puedan calentarse eléctricamente.

En este contexto es ventajoso que estén previstos medios para el control del perfil de temperatura en el reactor térmico y para el ajuste individual de la temperatura de cada placa de calefacción.

15 Además, una configuración de la invención consiste en que los medios para la eliminación por aspiración de los vapores de compuestos de hidrocarburos del tubo de aspiración están configurados como boquillas de salida de vapor que están conectadas con una unidad de policondensación.

A continuación se describe en más detalle la invención por medio de dibujos.

20 Muestran

la figura 1 una sección longitudinal de un reactor térmico de acuerdo con la invención sin dispositivo catalizador,

25 la figura 2 una sección transversal (sección A-A) en la parte superior del reactor térmico de acuerdo con la figura 1,

30 la figura 3 una proyección desenvuelta del revestimiento externo del reactor térmico de acuerdo con la invención con la disposición de los planos de placas de calefacción desplazados,

la figura 4 y la vista A una placa de intercambiador de calor calentada eléctricamente así como una vista en detalle de la misma,

35 la figura 5 una sección longitudinal de un reactor térmico de acuerdo con la invención con dispositivo catalizador adicional.

40 El reactor térmico (1) está realizado de acuerdo con la invención como recipiente a presión vertical, bridado en varias partes. Éste está compuesto debido a su alta carga de temperatura completamente de acero estable térmicamente o aleaciones tales como por ejemplo 1.4828, 1.4841, AVESTA 253 MA, Nicrofer 45 TM o materiales similares.

45 La figura 1 muestra una sección longitudinal a través del reactor térmico de acuerdo con la invención (1) y deja distinguir el principio básico de la construcción. El reactor térmico (1) presenta (considerado de arriba abajo) una parte de entrada (2) en forma de cono truncado, a la que sigue una parte central de zona de calentamiento (3) cilíndrica que finalmente se transforma en una parte de salida (4) en forma de cono truncado.

50 Para minimizar una introducción de oxígeno indeseada para la tecnología de termólisis en el reactor térmico (1) se realizan la entrada y la descarga de granulado en el y del reactor (1) de acuerdo con la invención a través de un sistema de entrada de materiales (23). Éste está constituido preferentemente por una esclusa de rueda dentada resistente al golpe de ariete con rotor fácilmente desmontable, una posible regulación del número de revoluciones por medio de un convertidor de frecuencias y una conexión de inertización, combinadas con una compuerta de cierre para materiales a granel.

55 Desde un recipiente de almacenamiento de granulado que se encuentra por encima del reactor (1) se introducen de manera dosificada los granulados a través de boquillas de entrada de sólido (6) en el reactor térmico (1). Un distribuidor de material (10) produce una distribución uniforme de los granulados por toda la sección transversal circular del reactor (1). Dependiendo del tamaño de grano y del tipo de material se forma en el interior del reactor térmico (1) una columna de lecho apilado que se mueve como consecuencia de la gravedad continuamente de arriba abajo por el reactor térmico (1). La columna de granulado se delimita por el revestimiento externo cilíndrico (14), los módulos internos (5), las placas de calefacción (9) largas y cortas dispuestas de manera alterna radialmente en el revestimiento externo (14), que sobresalen en el espacio interior del reactor (1), así como la altura de nivel en el reactor (1).

65 Mediante la disposición radial de las placas de calefacción (9) y la disposición desplazada de éstas en los niveles de calefacción que se encuentran uno sobre otro se divide la columna de granulado en pequeñas secciones, a modo de

trozo de tarta. Un buen mezclado de los granulados y con ello un calentamiento uniforme de éstos se realiza por un lado mediante la disposición desplazada de placas de calefacción (9) largas y cortas y por otra parte mediante los módulos internos (5) en la parte de zona de calentamiento (3) del reactor térmico (1), que están realizados como cuerpos expulsores y cuerpos de circulación y producen una normalización el perfil de velocidad de los granulados en el reactor térmico (1).

Mediante el contacto forzoso e íntimo de los granulados con las placas de calefacción (9) calentadas preferentemente de manera eléctrica pueden calentarse continuamente éstos hasta temperaturas de reacción ajustables de hasta 950 °C y se dividen térmicamente. Las temperaturas de reacción se controlan por medio de un sistema de conducción del procedimiento (21) dependiendo del tipo de material, del tamaño de granulado y sus propiedades de conducción térmica. El perfil de temperatura en el reactor térmico (1) puede variarse a este respecto por la sección transversal del reactor y la altura de toda la parte central de zona de calentamiento (3) y la temperatura de cada placa de calefacción (9) puede regularse individualmente.

La altura de nivel del granulado en el reactor térmico (1) se registra y se regula por medio de un dispositivo de medición de nivel y de regulación (15). El tiempo de permanencia de los granulados en el reactor térmico (1) a una temperatura de reacción predeterminada y con ello el grado de división de los enlaces múltiples de los compuestos de hidrocarburos se registran y se regulan igualmente mediante el sistema de conducción del procedimiento (21) automáticamente.

En el tubo de aspiración (11) central incorporado de manera centrada en el reactor térmico (1) se encuentran sobre la superficie de revestimiento numerosos orificios y/o ranuras que desvían los vapores de compuestos de hidrocarburos de cadena corta que se producen. Se produce un flujo transversal de estos vapores con respecto al flujo de sólido, o sea un flujo cruzado. Las aberturas de aspiración se cubren mediante campanas en forma de cono dispuestas una sobre otra colocadas en el tubo de aspiración (11), los denominados módulos internos (5) y se blindan, para que no puedan eliminarse por aspiración conjuntamente granulados o polvo. Los vapores que se producen en la termólisis pueden entrar por el lado inferior abierto de las campanas en las aberturas de aspiración y a través de éstas en el tubo de aspiración (11). Los vapores acceden entonces por medio de vacío parcial de en promedio -50 mbar a -75 mbar a través de la salida de vapor (8) a una unidad de policondensación (26), donde se condensan para dar compuestos de aceite con distinta composición, viscosidades, valores caloríficos y para dar gas permanente.

La proporción de sólido que se produce durante el proceso de termólisis del granulado de neumáticos desgastados de aproximadamente el 45 % al 52 % en peso en forma de granulados de coque está compuesta en aproximadamente del 70 % al 90 % de carbono puro y en aproximadamente del 10 % al 25 % de cargas inorgánicas que se añaden a los neumáticos nuevos durante la fabricación. El valor calorífico promedio H_u asciende aproximadamente a de 23 de 30 MJ/kg y la superficie BET promedio asciende aproximadamente a de 80 a 120 m²/g. El granulado de coque se acumula en la parte de salida (4) en forma de cono truncado y se alimenta a través de la salida de sólido (7) y un sistema de descarga de material (24) construido del mismo modo que el sistema de entrada de material (23), sin embargo en realización de alta temperatura, a un tornillo sinfín de refrigeración (25) enfriado con agua, se enfría hasta temperatura ambiente y se almacena provisionalmente en dispositivos de almacenamiento.

En la figura 2 se representa el principio de distribución de acuerdo con la invención de las placas de calefacción (9.1, 9.2) largas y cortas dentro del reactor térmico (1). La distancia de división t de las placas de calefacción (9.1, 9.2) en el perímetro del reactor térmico (1) se determina mediante la conductividad térmica λ del material de granulado que va a procesarse y el tamaño del granulado.

Ejemplo:

La profundidad de penetración de calor máxima en el lecho de granulado asciende dado el caso a 100 mm y el perímetro del reactor térmico (1) asciende a 4.800 mm, así se obtiene como resultado un número de placas de calefacción de $n = 4.800 \text{ mm} : 100 \text{ mm} = 48$ placas de calefacción.

El ángulo de división α_t asciende a $\alpha_t = 360^\circ : 48 \text{ placas de calefacción} = 7,5^\circ$. De manera condicionada por la construcción serían necesarias por tanto 24 placas de calefacción largas y 24 placas de calefacción cortas (9.1; 9.2) para un nivel de calefacción. El número y la potencia de calentamiento de las placas de calefacción en total se calculan según las reglas de diseño generales para intercambiadores de calor.

En la figura 3 se representa en una proyección desenvuelta del revestimiento externo (14) el principio de disposición desplazada de las placas de calefacción (9.1; 9.2) en los niveles de calefacción. La disposición desplazada de las placas de calefacción (9.1, 9.2) puede distinguirse muy bien. La disposición y la realización de las placas de intercambiador de calor (9.9n) calentadas eléctricamente y fijadas radialmente en el revestimiento externo (14) producen una entrada de calor óptima en el granulado, dado que tanto la distancia de división t de las placas de intercambiador de calor (9.9n) en la horizontal, como también la distancia de los niveles de calefacción en la vertical y su disposición desplazada se diseñan dependiendo de los tamaños de granulado y del tipo de granulado que va a procesarse y debido a ello se conduce a grados de acción muy altos.

En la figura 4 están representadas las fijaciones de las placas de calefacción (9.1; 9.2) en el revestimiento externo (14). Las placas de calefacción (9.1, 9.2) se insertan en ranuras de tamaño correspondiente en el revestimiento externo (14) del reactor térmico (1) y pueden retirarse también de nuevo del revestimiento externo (14) del reactor térmico (1) para el mantenimiento o para el intercambio de manera individual.

En la figura 5 se representa de acuerdo con la invención un reactor térmico (1) con la posibilidad de un tratamiento catalítico adicional de los vapores de hidrocarburos. En principio pueden compararse la estructura y la realización del reactor térmico (1) con el de la figura 1. Sólo la parte de salida (4) está modificada en el sentido que se encuentra en la misma una serie de placas de calefacción (9) adicionales que garantizan una temperatura de 600 °C para los vapores producidos. En la parte de salida (4.1) está representado un filtro de lecho apilado (22) para catalizadores, en el que los vapores en su sitio de producción se encuentra en contacto directo con el granulado de catalizador. Las temperaturas necesarias para los procesos de craqueado del vapor se controlan por medio del sistema de conducción del procedimiento (21). A este respecto son importantes el mantenimiento de la temperatura mínima de 550 °C y un vacío parcial de al menos 50 mbar.

Dado que algunas partes constituyentes de los vapores ya a temperaturas de aproximadamente 450 °C a 500 °C comienzan a condensarse y con el polvo fino formado en la instalación forman una masa que tiende a la coquización, existe el riesgo de crecimiento de la conducción de vapor que se dirige a la instalación de policondensación (26). Como medida de protección adicional contra estos fenómenos son convenientes esteras de calefacción o alambres de calefacción calentados eléctricamente con una realización de alta temperatura y aislamiento completa.

Como catalizadores para el filtro de lecho apilado (22) han dado buen resultado los catalizadores mixtos habituales en la petroquímica, tales como por ejemplo $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ así como zeolitas.

Por motivos de resistencia y debido a la considerable extensión de longitud en el estado en funcionamiento, se realiza la suspensión del reactor (1) por medio de uñas de soporte (17) en el sitio de la máxima resistencia a la tracción, en la parte superior de la zona de calefacción (3).

De acuerdo con la invención se realiza la realización del reactor térmico (1) en forma bridada y la subdivisión en secciones de procedimiento. Esta forma de realización ofrece las siguientes ventajas técnicas y tecnológicas tales como por ejemplo posibilidades más sencillas de fabricación, de reparación y de intercambio, un mejor manejo en el transporte y el montaje, así como una alta flexibilidad del reactor térmico (1) con respecto al uso de los productos que van a procesarse, la corrección más fácil en caso de aumentos de la capacidad y modificaciones en el tipo y la distribución de los productos finales pretendidos.

La estructura constructiva del reactor térmico (1) se mantuvo de acuerdo con la invención intencionadamente de manera muy sencilla y se configuró de manera fácil de mantener mediante equipamiento práctico para el mantenimiento y la reparación, tal como por ejemplo orificios de acceso (12) en la parte de reactor superior (2) y orificios de acceso (13) en la parte de reactor inferior (4), así como las realizaciones fácilmente desmontables de los módulos internos (5), el distribuidor de material (10) y el tubo de aspiración central (11).

Con este reactor de termólisis es posible un procedimiento de reciclaje respetuoso con el medioambiente, libre de residuos y energéticamente autárquico, que se caracteriza por alta flexibilidad tecnológica con respecto al uso de los tamaños de granulado que van a procesarse, tipos de materiales, así como corrección más fácil en caso de aumentos de la capacidad y modificaciones en el tipo y la proporción de la división de los productos finales.

Un aprovechamiento propio del gas permanente con un valor calorífico inferior H_u de 30 a 45 MJ/m³ y un índice de metano promedio de 60 para el abastecimiento de energía autárquico mediante una generación de corriente motriz en una unidad de motor a gas-generador, habitualmente en una planta en cogeneración de electricidad y calor, es posible y el sólido que está compuesto de aproximadamente el 45 % al 52 % en peso de carbono puro en forma de granulados y hollín, con una superficie BET promedio de 80 a 120 m²/g, un valor calorífico promedio H_u de aproximadamente 23 a 30 HJ/kg y de aproximadamente el 10 % al 25 % en peso de cargas inorgánicas puede alimentarse por ejemplo a un reciclaje en la industria de neumáticos y/o caucho.

Los aceites de termólisis liberados durante el procedimiento de termólisis en el reactor térmico (1) y la instalación de policondensación (26) de las más diversas fracciones pueden alimentarse a refinerías de petróleo, a la industria de plásticos, colorantes o cauchos, a empresas fabricantes de aceite de calefacción o combustible, así como a las empresas fabricantes de hollín para el procesamiento posterior.

Lista de números de referencia

- 1 reactor térmico
- 2 parte de entrada
- 3 parte central de zona de calentamiento
- 4 parte de salida

ES 2 538 096 T3

	5	módulos internos
	6	boquillas de entrada de sólido
	7	salida de sólido
	8	salida de vapor
5	9	placas de calefacción
	10	distribuidor de material
	11	tubo de aspiración de vapor central
	12	orificios de acceso superiores
	13	orificios de acceso inferiores
10	14	revestimiento externo cilíndrico
	15	dispositivo de medición y regulación del nivel
	16	conexiones de inertización
	17	uñas de soporte
	18	dispositivos de medición, de control, de regulación para la temperatura, presión y contenido en oxígeno
15	19	entrada de catalizador
	20	salida de catalizador
	21	sistema de conducción del procedimiento (PLT) con control programable con memoria (SPS)
	22	filtro de lecho apilado
	23	sistema de entrada de sólido
20	24	sistema de descarga de sólido
	25	tornillo sinfín de refrigeración
	26	unidad de policondensación

REIVINDICACIONES

- 5 1. Reactor térmico para el reciclaje termolítico continuo de granulados de neumáticos desgastados, granulados de residuos de vulcanización y granulados de plásticos de desecho y productos similares, presentando el reactor térmico (1) una parte de entrada (2), una parte central de zona de calentamiento (3) y una parte de salida (4) que están dispuestas verticalmente una debajo de otra, **caracterizado por**
- 10 • **que** en la parte central de zona de calentamiento (3) está dispuesto centralmente en el reactor térmico (1) un tubo de aspiración (11), cuya superficie de revestimiento presenta numerosos orificios y/o ranuras para la desviación de los vapores de compuestos de hidrocarburos de cadena corta que se producen y colocándose en el tubo de aspiración (11) campanas (5) en forma de cono dispuestas una sobre otra y estando previstos medios (8) para la eliminación por aspiración de los vapores de compuestos de hidrocarburos del tubo de aspiración (11) y
- 15 • **que** en la parte central de zona de calentamiento (3), el revestimiento externo (14) presenta una pluralidad de placas de calefacción (9) dispuestas radialmente que están dispuestas de manera desplazada una con respecto a otra en los niveles de calefacción que se encuentran uno sobre otro.
- 20 2. Reactor térmico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** tanto en un nivel de calefacción como de un nivel de calefacción al nivel de calefacción adyacente están dispuestas de manera alterna placas de calefacción (9) cortas y largas.
- 25 3. Reactor térmico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** las placas de calefacción (9) pueden insertarse en ranuras de tamaño correspondiente en el revestimiento externo (14) del reactor térmico (1) y pueden retirarse de estas ranuras.
- 30 4. Reactor térmico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** las placas de calefacción (9) pueden calentarse eléctricamente.
- 35 5. Reactor térmico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** están previstos medios (21) para el control del perfil de temperatura en el reactor térmico (1) y para el ajuste individual de la temperatura de cada placa de calefacción (9).
6. Reactor térmico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** los medios (8) para la eliminación por aspiración de los vapores de compuestos de hidrocarburos del tubo de aspiración (11) están configurados como boquillas de salida de vapor (8) que están conectadas a una unidad de policondensación (26).

FIGURA 1

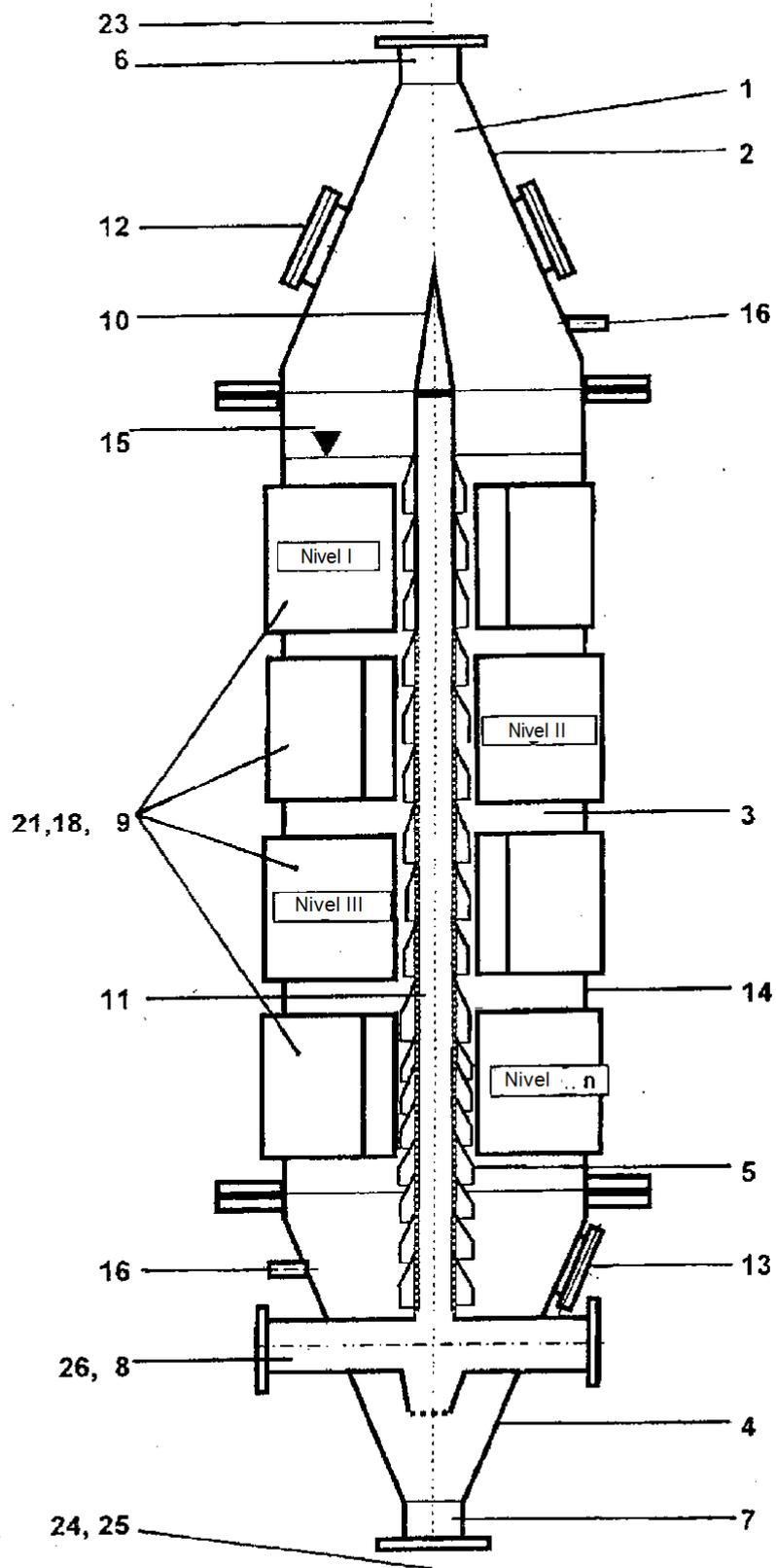


FIGURA 2

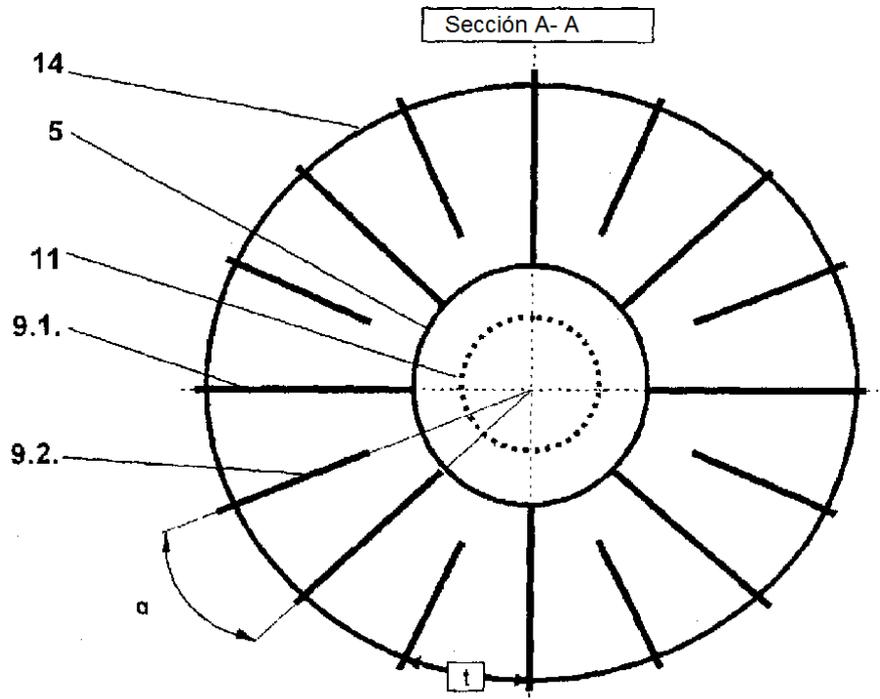


FIGURA 3

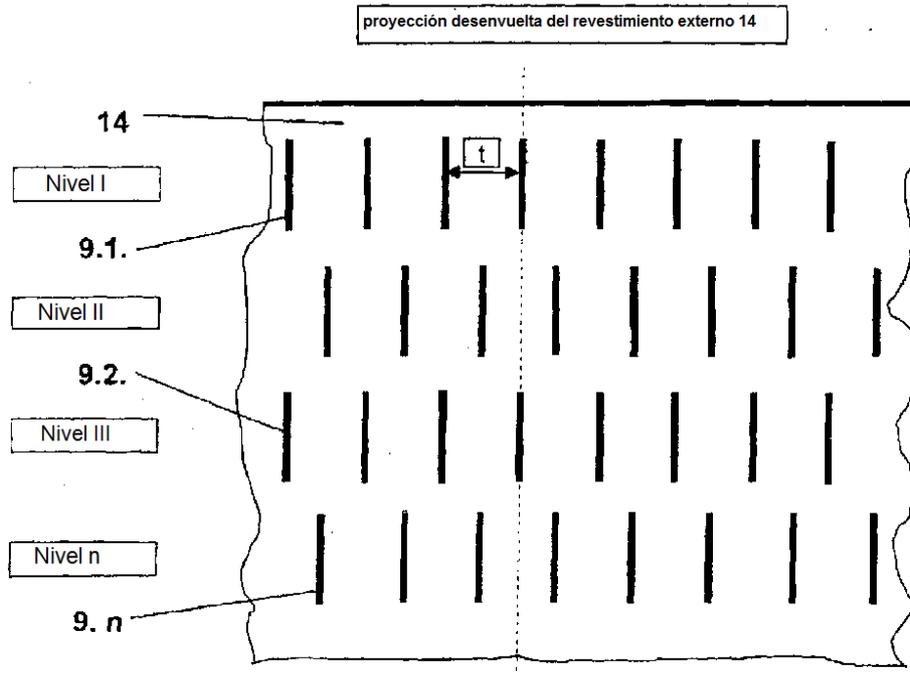
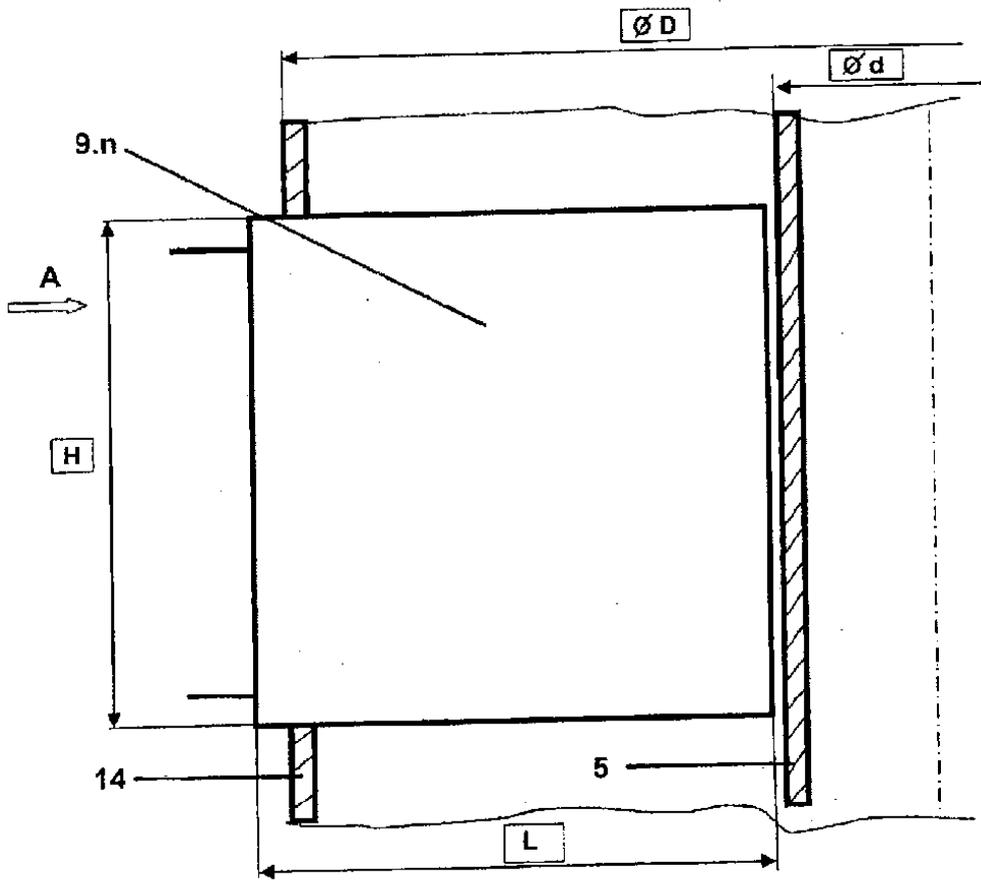


FIGURA 4



Vista A

