

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 700 779**

51 Int. Cl.:

C10J 3/10 (2006.01)

C10J 3/14 (2006.01)

C10J 3/20 (2006.01)

C10J 3/80 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.07.2010 PCT/IB2010/001688**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.01.2011 WO11007231**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.07.2010 E 10744722 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018 EP 2454349**

54 Título: **Proceso y aparato para el tratamiento térmico de lodo de refinería**

30 Prioridad:

17.07.2009 IT MI20091276

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

19.02.2019

73 Titular/es:

**ENI S.P.A. (100.0%)
Piazzale E. Mattei 1
00144 Rome, IT**

72 Inventor/es:

**RISPOLI, GIACOMO, FERNANDO;
MASSETTI, FELICIA;
D'ABBIERI, MICHELANGELO;
PINTI, MEDARDO y
PISTELLI, MARIA, ILARIA**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 700 779 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

Proceso y aparato para el tratamiento térmico de lodo de refinería

La presente invención está relacionada con el campo de la eliminación de lodo de refinería.

5 Más específicamente, la presente invención está relacionada con un proceso para el tratamiento térmico de lodo de refinería tal como lodo de petróleo, lodo derivado del tratamiento de aguas residuales y lodo biológico, en adelante definido como lodo de petróleo o simplemente lodo.

10 El lodo se produce por diversas operaciones unitarias. El lodo de petróleo, por ejemplo, se produce por el tratamiento de aguas residuales (separador API, drenajes de la sección de flotación), el drenaje de tanques de almacenamiento de petróleo crudo y diversas clases de productos de hidrocarburos pesados tales como gasoil, petróleo combustible, sedimentos tipo desecho, etc., dichos últimos residuos de petróleo se llaman morgia de tanque.

Los volúmenes del material de lodo generado se vinculan al tipo de petróleo crudo tratado, las tecnologías de tratamiento usadas y las estrategias de mantenimiento aplicadas para las plantas y tanques.

El lodo de petróleo generalmente comprende agua, petróleo y sólidos y su destino final actualmente más ampliamente usado es la eliminación en vertederos.

15 Actualmente, los aspectos críticos relacionados con la eliminación en vertederos, además de los relacionados con la saturación de los mismos vertederos, se vinculan principalmente a los cambios en las condiciones de legislación, que, en particular, ya no permiten desechar en vertederos escoria residual de tratamiento con un alto LCP (*Inferior Calorific Power*, poder calorífico inferior).

20 Se ha propuesto tratamiento biológico para la eliminación de lodo, que sin embargo tiene problemas relacionados con largos tiempos de proceso, del orden de días, y que se efectúa en plantas complejas y no compactas, no compatibles con la cantidad de material a tratar, siempre creciente, debido a mayor número de plantas de purificación industrial.

Para la eliminación de lodo, también se han propuesto sistemas que usan solventes para extraer la fracción de petróleo y recuperarla ya sea directamente como desechos o tras una operación de destilación.

25 Finalmente, se conocen sistemas de gasificación o sistemas de combustión de lodo, por ejemplo a partir de la patente china CN 1.689.962, que usan hornos de lecho fijo, borboteo o rotatorios (reactor rotatorio). Debido a características físico-químicas del lodo, estos sistemas tienen diversos puntos críticos relacionados con su manejo (alimentación, movimiento, almacenamiento) como resultado de la peligrosidad de sus emisiones y, a lo largo de la línea de proceso, debido a características reológicas del producto sólido que, al ser modificadas a lo largo de la camino de calentamiento/secado, producen condiciones particulares de adhesión a las paredes y/o a los sistemas de movimiento del material y por lo tanto discontinuidad de tratamiento tanto en la alimentación como en el avance del material en el reactor. El documento US 5 319 176 muestra un proceso que comprende un reactor de plasma primario y un reactor de plasma secundario a fin de desechar el material de basura. El documento US 2007/258869 especifica un reactor de vitrificación que usa un soplete de plasma para convertir la escoria de un gasificador en escoria inerte. La patente europea EP 1 278 813 especifica un reactor de pirólisis que recibe materia prima secada seguida por un reactor de gasificación. La patente europea EP 0038 420 especifica un proceso para el tratamiento térmico de lodo, en donde el lodo se seca, se piroliza y los gases resultantes se queman y el gas producido se recicla a las etapas de secado y pirólisis.

Por lo tanto se siente la necesidad, en el campo específico, de servir un proceso simple y económico para el tratamiento de lodo de refinería y un aparato para su implementación.

40 La presente invención contribuye significativamente a la solución del problema de tratamiento de lodo, proporcionando una solución alternativa al menos para eliminación en vertederos.

El proceso y el aparato para su realización, objetos de la presente invención y descritos en las reivindicaciones adjuntas, incluyen la presencia de cuatro secciones operativas, cada una de las cuales ejerce una fase específica de proceso: secado, gasificación, combustión, inertización.

45 La invención propuesta permite obtener una reducción en los volúmenes sólidos mayor del 80 % y permite la producción de productos inertes a partir de la parte restante de la basura sólida.

50 La realización de la presente invención también permite, además de una reducción de los volúmenes sólidos, una producción de volúmenes gaseosos (gas de síntesis) que puede autosustentar térmicamente el proceso de reducción de volumen. Cuando el proceso está a régimen, de hecho, no se necesita contribución de otras fuentes de calentamiento para sustentar el proceso, y esto gracias a las características particulares del sistema de gasificación usado que, mediante el uso de inyecciones diferenciadas, permite obtener una eficiencia más alta del proceso (desde el punto de vista de tasa y rendimiento global de conversión gaseosa) y una menor dispersión de calor.

Un objeto de la presente invención por lo tanto está relacionado con un proceso continuo para el tratamiento térmico de lodo de refinería, que comprende las siguientes operaciones:

- a. secado del lodo de refinería, posiblemente mezclado con coque de petróleo, a una temperatura que va de 110 a 120 °C;
- 5 b. gasificación del lodo secado, a una temperatura que va de 750 a 950 °C, durante un tiempo de 30 a 60 minutos, en presencia de un gas que contiene oxígeno y vapor de agua, alimentado con la modalidad diferenciada incremental, con la producción asociada de gas de síntesis ($\text{CO} + \text{H}_2$) y un residuo sólido;
- c. combustión del gas de síntesis a una temperatura que va de 850 a 1.200 °C y reciclaje de los productos de combustión para las fases de secado y gasificación; y
- 10 d. inertización del residuo sólido, a una temperatura que va de 1.300 a 1.500 °C, por vitrificación con sopletes de plasma.

El proceso propuesto global se efectúa a una presión que va de 100 a 300 Pa.

15 Según una realización del proceso objeto de la presente invención, se añade coque de petróleo al lodo preferiblemente en una cantidad de hasta el 25 % en peso con respecto al total. La mezcla de coque de petróleo/lodo así obtenida se seca, (o se precalienta en ausencia de agua), a fin de eliminar el agua posiblemente presente. Los tiempos de secado o precalentamiento normalmente van de 30 a 60 minutos. El vapor de agua posiblemente producido durante el secado se puede mantener en el ciclo y además enviarse a las etapas (b) y (c).

20 Después de la fase de secado, el lodo caliente atraviesa una sección de gasificación, donde el componente orgánico, que consiste esencialmente en petróleos pesados, residuos de lodo biológico y posiblemente coque de petróleo se transforma a un gas que comprende CO e hidrógeno.

25 Más específicamente, el lodo caliente se mezcla con un gas que contiene oxígeno y vapor, también precalentado y mantenido en contacto directo durante tiempos de 30 a 60 minutos. Durante este periodo, los componentes orgánicos se oxidan, mientras que los residuos carbonosos reducen el vapor de agua produciendo finalmente un gas (gas de síntesis) que consiste esencialmente en CO y H_2 . La reacción tiene lugar en una cámara alargada mantenida a la temperatura seleccionada por los gases procedentes de la etapa de combustión (etapa c). El gas que contiene oxígeno puede consistir en oxígeno sustancialmente puro, aire o aire enriquecido con oxígeno, por ejemplo hasta un 50 % en volumen.

30 Para una mejor fase de gasificación del lodo, el gas que contiene oxígeno y el vapor de agua se alimentan preferiblemente en la sección relativa con una modalidad diferenciada e incremental, desde la entrada hacia la salida de la misma sección.

El gas de síntesis pasa a la sección de combustión, tras filtración, donde se quema y los productos de combustión calientes (humos) se reciclan entonces a las secciones de las etapas (a) y (b). Tras posible filtración adicional de las partículas sólidas arrastradas, los humos de combustión se descargan posteriormente al ambiente.

35 El sólido residual se descarga en continuo en una sección de inertización donde se vitrifica por medio de un soplete de plasma. La fase de vitrificación se realiza durante tiempos que van generalmente de 30 a 60 minutos, usando un soplete que tiene potencia nominal, por ejemplo, que va de 100 a 150 kW.

La presente invención incluye también un aparato adecuado para efectuar el proceso según la invención, dicho aparato se describe mejor en las reivindicaciones adjuntas.

40 Un objeto adicional de la presente invención también está relacionado con un aparato adecuado para efectuar el proceso descrito anteriormente, para el tratamiento térmico de lodo de refinería, como se especifica en la reivindicación 7.

45 El aparato propuesto concibe que tenga lugar un calentamiento indirecto en la cámara de secado, por medio de al menos un tubo radiante dentro del que fluyen los humos de la subsiguiente cámara de combustión, y el tubo radiante es tal como para contener al menos un tubo coaxial adicional dentro del que se hace circular el gas que contiene oxígeno y vapor para la subsiguiente gasificación, en donde la inyección del gas que contiene oxígeno y vapor se efectúa preferiblemente en modalidad diferenciada e incremental desde la entrada hacia la salida.

50 La inertización tiene lugar por medio de sopletes de plasma, con al menos un elemento anódico y un elemento catódico, que tiene una longitud que va de 1.000 a 1200 mm, una potencia nominal que va de 100 a 150 kW, posicionado a una distancia de la parte inferior de 300 a 400 mm, que tiene una longitud de arco eléctrico que va de 100 a 150 mm y con un caudal de gas inerte, por ejemplo argón, para el soplete catódico que va de 20 a 40 l/min y para el soplete anódico que va de 30 a 60 l/min.

Según una realización preferida del aparato, objeto de la presente invención también se concibe un sistema de limpieza

y avance del material a tratar, con paletas de raspado constantemente mantenidas en contacto con las partes internas del sistema por medio de al menos un elemento de empuje elástico.

5 Hasta ahora se ha proporcionado una descripción general de la presente invención. Con la ayuda de las figuras y ejemplos, ahora se proporcionará una descripción más detallada de sus realizaciones para permitir un mejor entendimiento de sus objetivos, características, ventajas y modos de aplicación.

La figura 1 es un esquema de una sección longitudinal de una realización del aparato según la presente invención.

La figura 2 es un detalle del aparato y representa un esquema del sistema de avance según la invención.

10 Con referencia a la figura 1, el material a tratar (1) se introduce en la primera sección de secado (2) y avanza por medio de la rotación e inclinación de la cámara, llegando a la sección de gasificación (3), coaxial con la primera cámara, y posteriormente, por medio de un conducto (4), la sección de inertización (5) y finalmente, a través del conducto (6), se evacúa a la atmósfera.

Los humos (7) procedentes de la cámara de gasificación (3), se envían a un filtro despulverizador (8) y luego a la cámara de combustión (10), en donde se combustionan completamente por la acción del quemador (9).

15 El calentamiento indirecto (secado) del lodo tiene lugar en la sección de secado (2), por medio de al menos un tubo radiante (13) dentro del que fluyen los humos procedentes de la subsiguiente cámara de combustión, calentando el mismo tubo radiante. Se posiciona coaxialmente al menos un segundo tubo (14) con respecto al tubo radiante, en el que se pasa la línea de aire y la línea de vapor que se van a usar en la sección de gasificación (3). En la sección de gasificación, el aire y el vapor, precalentados dentro del tubo radiante, se inyectan a la cámara según una modalidad diferenciada y aumentando el caudal desde la zona de entrada a la zona de salida. En la zona de gasificación (3), el
20 lodo secado se transforma en cenizas. El gas de síntesis producido en la sección de gasificación (3) se envía a la sección de combustión (10) en la que dicho gas se quema completamente y se usa para calentar el tubo radiante. Las cenizas producidas en la sección de gasificación (3) se envían a la subsiguiente sección de inertización de ceniza (5) efectuada por medio de un horno de plasma.

25 Como se ilustra en la figura 2, a fin de favorecer el avance correcto y constante del material a tratar, la estructura del aparato se ha desarrollado con la inserción en su interior de un sistema de limpieza y avance con paletas de raspado (15) mantenidas constantemente en contacto, por medio de al menos un elemento elástico, por ejemplo con la pared interna de la cámara (2), dentro de la que está el tubo radiante (13) que contiene los tubos (12) para la entrada de aire y/o vapor necesarios para la gasificación.

30 Ahora se describe el proceso según la presente invención descrito mediante algunos ejemplos de aplicación y no limitativos.

Ejemplos

Los ejemplos de realización están relacionados con: a) el tratamiento de una mezcla de lodo biológico y de petróleo; b) el tratamiento de lodo de petróleo; c) el tratamiento de lodo biológico y coque de petróleo, añadido en un porcentaje mínimo para autosustentar térmicamente el proceso.

35 (a) Tratamiento de una mezcla de lodo biológico y de petróleo cuya caracterización se reporta en la Tabla 1 a continuación, mientras que la Tabla 2 indica la composición relativa de las cenizas.

ES 2 700 779 T3

Tabla 1: Análisis de la mezcla de lodo biológico y de petróleo

composición	Mezcla de lodo biológico y de petróleo
	como tal
Sólidos totales (%)	46,08
Sólidos volátiles (%)	36,25
Sólidos inertes (Cenizas) (%)	9,83
H ₂ O (%)	53,92
TOT (%)	100
PCS (kcal/kg)	2703
PCS(kcal/kgSS)	5841
PCI (kcal/kg)	2383
PCI (kcal/kgSS)	5106
PCI (MJ/kg)	9,98
PCI (MJ/kgSS)	21,4

Tabla 2: Análisis de las cenizas de la mezcla de lodo biológico y de petróleo

Óxidos	Mezcla de lodo biológico y de petróleo Valor (%)
Na ₂ O	3,50
Al ₂ O ₃	6,70
SiO ₂	22,40
P ₂ O ₅	1,30
CaO	23,00
TiO ₂	0,40
Fe ₂ O ₃	40,80
SrO	0,10
CuO	0,05
NiO	0,20
V ₂ O ₅	0,30
SeO ₂	0,61
MoO ₃	0,10
K ₂ O	0,35
AS ₂ O ₃	0,19
TOT	100,00

5 Se introdujeron 50 kg/h de lodo en la sección de secado, y en esta sección se dejaron 22 kg/h de lodo seco, se enviaron a la sección de gasificación, junto con 345 Nm³/h de humos en 620 °C, que posteriormente se enviaron a la sección de tratamiento de humos, y 28 kg/h de vapores en 110 °C. El lodo seco se envía al gasificador, al que se envía aire para el tratamiento y del que 4,9 kg/h de cenizas se descargan y envían a la sección de inertización para obtener un residuo sólido vitrificado, y 85 Nm³/h de gas de síntesis a 850 °C se envían al quemador.

10 El gas de síntesis se envía luego al quemador junto con 210 Nm³/h de aire. Se toman 308 Nm³/h de humos a 910 °C del quemador, también alcanzado por los vapores del secador, que, tras posible tratamiento en un ciclón de reducción de polvo, se envían a la sección de secado.

La Tabla 3 siguiente indica los parámetros principales de proceso usados y los caudales de material en la entrada y la salida.

Tabla 3

	T (°C)	t (min.)	P (mmH ₂ O)	W _{sólido} (Kg/h)	W _{gas} (Nm ³ /h)	R
Secado	120	40	-15	50	28	---
Gasificación	850	30	-15	22	85	0,4
Combustión	910	0,05	-15		308	1,8
Inertización de cenizas	1400	20	-15	5	30	

W_{sólido} = caudal sólido; W_{gas} = caudal gas;

R = Relación estequiométrica Comburente/Combustible

(b) Tratamiento de lodo de petróleo

5 Tabla 4: Análisis del "Lodo de petróleo"

	Lodo de petróleo
composición	como tal
Total de sólido (%)	65,72
Sólidos volátiles (%)	45,58
Sólidos inertes (Cenizas) (%)	20,14
H ₂ O (%)	34,28
TOT (%)	100
PCS(kcal/kg)	3030
PCS(kcal/kgSS)	4695
PCI (kcal/kg)	2724
PCI (kcal/kgSS)	4495
PCI (MJ/kg)	11,4
PCI (MJ/kgSS)	18,82

Tabla 5: Análisis de cenizas de "Lodo de petróleo"

Óxidos	Lodo de petróleo Valor (%)
NiO	0,2
V ₂ O ₃	0,39
Na ₂ O	2,18
K ₂ O	0,51
TiO ₂	0,1
Fe ₂ O ₃	67,73
CoO	0,05
CuO	0,11
As ₂ O ₃	0,28
MoO ₃	0,12
La ₂ O ₃	0,44
Al ₂ O ₃	7,81
MnO	0,14
MgO	3,73
Cr ₂ O ₃	0,1
CaO	9,48
SiO ₂	6,15
BaO	0,37
SrO	0,11
TOT	100

5 Se introdujeron 50 kg/h de lodo en la sección de secado, y en esta sección se dejaron 32 kg/h de lodo secado, se enviaron a la sección de gasificación, junto con 417 Nm³/h de humos en 680 °C, que posteriormente se enviaron a la sección de tratamiento de humos, y 18 kg/h de vapores en 110 °C. El lodo secado se envía al gasificador, al que se envía aire para el tratamiento y del que 5,6 kg/h de cenizas se descargan y envían a la sección de inertización para obtener un residuo sólido vitrificado, y 146 Nm³/h de gas de síntesis a 780 °C se envían al quemador.

10 Los productos gaseosos derivados de la fase de secado (agua y sustancias orgánicas poco volátiles) junto con los productos de gasificación (gas de síntesis) se envían a un ciclón despulverizador (8) y posteriormente a una cámara de combustión (10) donde el gas de síntesis es combustionado por el quemador (9) junto con 286 Nm³/h de aire. Los humos procedentes de la cámara de combustión se envían dentro del tubo radiante 13 calentándolo, y salir del

conducto 11. El aire y el vapor se precalientan por medio de los conductos 12 situados dentro del tubo radiante 13 y se envían por medio de toberas posicionadas en el tubo 14 en la cámara de gasificación 3.

Se toman 417 Nm³/h de humos a 880 °C del quemador, también alcanzado por los vapores del secador, que, tras posible tratamiento en un ciclón de reducción de polvo, se envían a la sección de secado.

- 5 La Tabla 6 siguiente indica los parámetros principales de proceso usados y los caudales de material en la entrada y la salida.

Tabla 6

	T (°C)	t (min.)	P (mmH ₂ O)	W _{sólido} (Kg/h)	W _{gas} (Nm ³ /h)	R
Secado	120	40	-15	50	18	—
Gasificación	780	30	-15	32	146	0,4
Combustión	880	0,04	-15		417	1,6
Cenizas de inertización	1400	20	-15	6	30	

(c) Lodo biológico más coque

- 10 Tabla 7: Análisis de Lodo biológico y coque

composición	Lodo biológico	Coque
	como tal	como tal
Sólidos totales (%)	19,25	87,79
Sólidos volátiles (%)	13,34	82,67
Sólidos inertes (Cenizas) (%)	5,91	5,12
H ₂ O (%)	80,75	12,21
TOT (%)	100	100
PCS(kcal/kg)	4500	7200

- 15 Se introdujeron 50 kg/h de lodo en la sección de secado, y en esta sección se dejaron 17 kg/h de lodo seco, se enviaron a la sección de gasificación, junto con 281 Nm³/h de humos en 570 °C, que posteriormente se enviaron a la sección de tratamiento de humos, y 33 kg/h de vapores en 110 °C. El lodo seco se envía al gasificador, al que se envía aire para el tratamiento y del que 2,9 kg/h de cenizas se descargan y envían a la sección de inertización para obtener un residuo sólido vitrificado, y 79 Nm³/h de gas de síntesis a 850 °C se envían al quemador.

El gas de síntesis se envía luego al quemador junto con 171 Nm³/h de aire. Se toman 281 Nm³/h de humos a 900 °C del quemador, también alcanzado por los vapores del secador, que, tras posible tratamiento en un ciclón de reducción de polvo, se envían a la sección de secado.

La Tabla 8 siguiente indica los parámetros principales de proceso usados y los caudales de material en la entrada y la salida.

Tabla 8

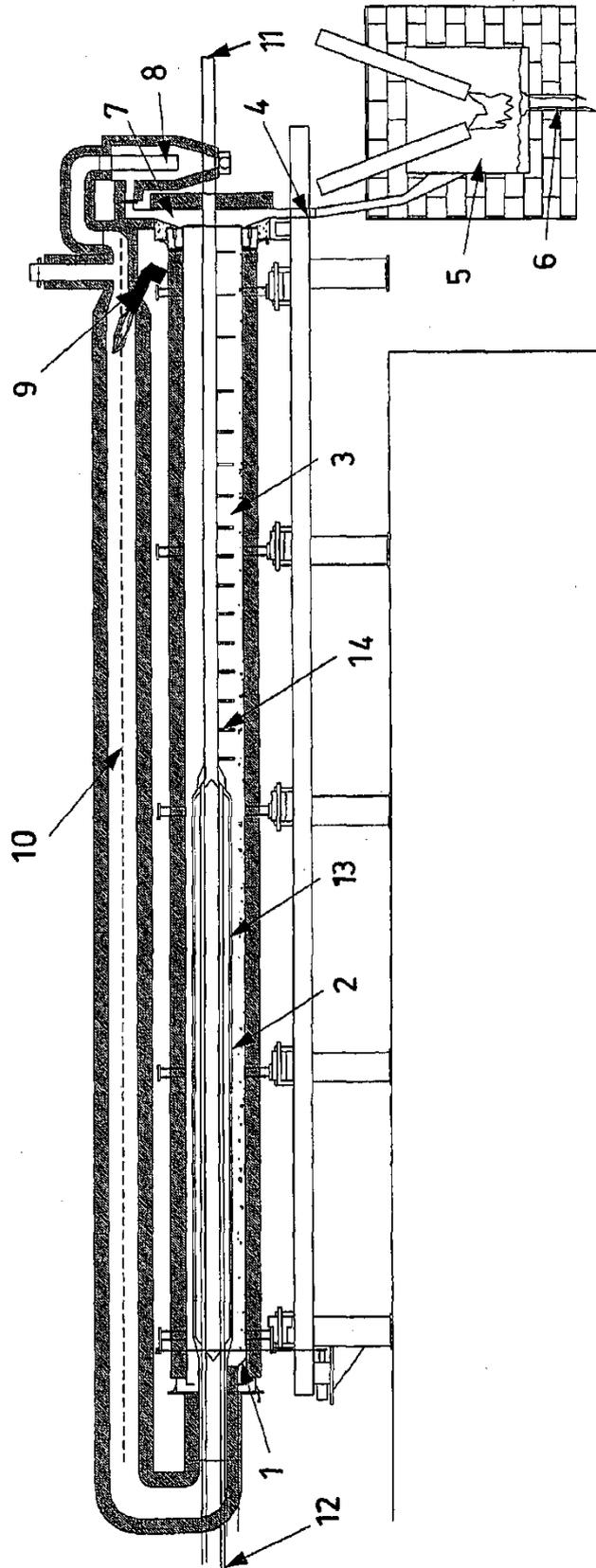
	T (°C)	t (min.)	P (mmH ₂ O)	W _{sólido} (Kg/h)	W _{gas} (Nm ³ /h)	R
Secado	120	60	-15	50	33	----
Gasificación	850	50	-15	17	80	0,4
Combustión	900	0,07	-15		28	1,6
Cenizas de inertización	1300	10	-15	3	20	

- 5 Con respecto a la planta de inertización de las cenizas (residual y volátil) se usaron dos sopletes, uno anódico y uno catódico, que tiene una longitud de 1.100 mm y una potencia nominal de 130 kW, posicionados a una distancia de la parte inferior del horno de inertización de 350 mm, la longitud del arco eléctrico eran 120 mm, el caudal de argón para el soplete catódico era 30 l/min y para el soplete anódico 40 l/min.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso continuo para el tratamiento térmico de un lodo de refinería, que comprende las siguientes operaciones:
 - 5 a. secado del lodo de refinería, posiblemente mezclado con coque de petróleo, a una temperatura que va de 110 a 120 °C;
 - b. gasificación del lodo secado, a una temperatura que va de 750 a 950 °C, durante un tiempo de 30 a 60 minutos, en presencia de un gas que contiene oxígeno y vapor de agua, alimentado con la modalidad diferenciada incremental, con la producción asociada de gas de síntesis (CO + H₂) y un residuo sólido;
 - 10 c. combustión del gas de síntesis a una temperatura que va de 850 a 1.200 °C y reciclaje de los productos de combustión para las fases de secado y gasificación; y
 - d. inertización del residuo sólido, a una temperatura que va de 1.300 a 1.500 °C, por vitrificación con sopletes de plasma, en donde el proceso global se efectúa a una presión que va de 100 a 300 Pa.
2. El proceso según la reivindicación 1, en donde el coque de petróleo está presente en un cantidad de hasta el 25 % en peso.
- 15 3. El proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el gas que contiene oxígeno y vapor de agua se alimenta con una modalidad diferenciada incremental.
4. El proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los tiempos de secado o precalentamiento van de 30 a 60 minutos.
5. El proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el gas que contiene oxígeno consiste en sustancialmente oxígeno puro, aire o aire enriquecido con oxígeno, por ejemplo hasta un 50 % en volumen.
- 20 6. El proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el residuo sólido se vitrifica con un soplete de plasma, con tiempos que van de 30 a 60 minutos y usando un soplete con una potencia nominal de 100 a 150 kW.
7. Aparato para el tratamiento térmico de lodo de refinería según el proceso de la reivindicación 1, que comprende:
 - 25 i. una primera cámara, una cámara de secado, rotatoria alrededor de su eje longitudinal abatido con respecto a la horizontal, indirectamente calentada internamente por medio de al menos un tubo radiante dentro del que fluyen los humos procedentes de una cámara de combustión, dicho tubo radiante es tal como para contener al menos un tubo coaxial adicional en el que se hace circular una mezcla que consiste en un gas que contiene oxígeno y vapor de agua, para una subsiguiente fase de gasificación;
 - 30 ii. una segunda cámara, una cámara de gasificación, en comunicación con la primera cámara, rotatoria alrededor de su eje longitudinal que coincide con el de la primera cámara, en el que se extiende el tubo coaxial adicional para una inyección diferenciada e incremental de la mezcla de gas que contiene oxígeno y vapor de agua;
 - 35 iii. una tercera cámara, una cámara de combustión, en comunicación con la segunda cámara, en la que se alimenta una fase gaseosa, que consiste esencialmente en CO y H₂ (gas de síntesis), producto de la reacción de gasificación (ii);
 - iv. una cuarta cámara, una cámara de inertización, en comunicación con la cámara de gasificación, para la vitrificación de los residuos sólidos por sopletes de plasma.
- 40 8. El aparato según la reivindicación 7, en donde la inertización tiene lugar por medio de sopletes de plasma, al menos uno anódico y uno catódico, que tienen una longitud que va de 1.000 a 1200 mm, una potencia nominal que va de 100 a 150 kW, posicionados a una distancia de la parte inferior de 300 a 400 mm, que tiene una longitud de arco eléctrico que va de 100 a 150 mm y con un caudal de argón para el soplete catódico que va de 20 a 40 l/min y para el soplete anódico que va de 30 a 60 l/min.
- 45 9. El aparato según la reivindicación 7 o 8, que comprende internamente un sistema de limpieza y avance con paletas de raspado mantenidas constantemente en contacto con la parte interna de la cámara de secado por medio de al menos un elemento elástico.

Fig.1



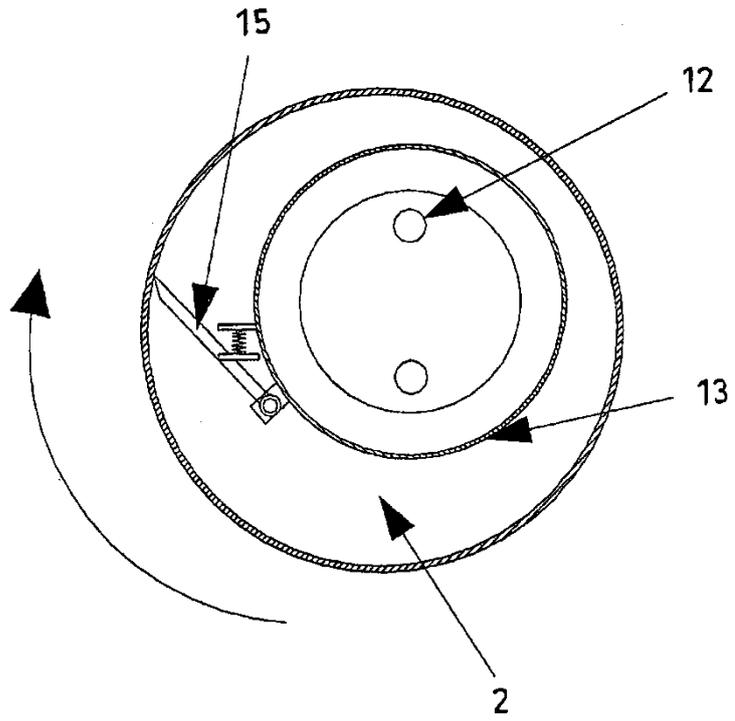


Fig.2