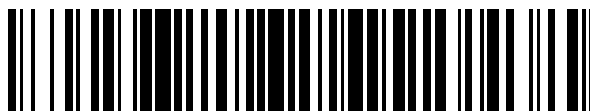


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 690 260**

51 Int. Cl.:

C10J 3/72	(2006.01)	C10K 1/02	(2006.01)
C10B 53/00	(2006.01)	C10K 1/32	(2006.01)
C01B 3/02	(2006.01)	B01J 8/08	(2006.01)
B01J 20/02	(2006.01)	F23L 7/00	(2006.01)
C10J 3/52	(2006.01)	C10J 3/86	(2006.01)
B01J 8/12	(2006.01)		
F23G 5/027	(2006.01)		
C10J 3/26	(2006.01)		
C10J 3/34	(2006.01)		
C10J 3/42	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.03.2011 PCT/US2011/027409**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **22.09.2011 WO11115770**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.03.2011 E 11756728 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.07.2018 EP 2547751**

54 Título: **Aparato y procedimiento de gasificación**

30 Prioridad:

15.03.2010 US 314002 P

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

20.11.2018

73 Titular/es:

**RAIN WATER, LLC (100.0%)
1672 Main Street, E364
Ramona, CA 92065, US**

72 Inventor/es:

STRYZHAK, SERGEY, Y.

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 690 260 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

Aparato y procedimiento de gasificación

5 La invención se refiere a tecnología y a equipos químicos, en particular, a procedimientos y a aparatos para el procesamiento de desechos sólidos domésticos e industriales, combustibles fósiles, así como otras materias primas que contienen carbono a gas de gasificación mediante el uso de procedimientos de pirólisis y de gasificación de corriente descendente.

Antecedentes

10 El procedimiento de gasificación de corriente descendente tiene una serie de ventajas en comparación con el procedimiento de gasificación de corriente ascendente, que es el procedimiento usado típicamente en las tecnologías modernas para el procesamiento de materia prima que contiene carbono. Una de dichas ventajas del procedimiento de gasificación de corriente descendente es que los alquitranes, los ácidos y el vapor del procedimiento, que se forman en una zona de pirólisis a baja temperatura, pasa a través de las zonas de combustión y de reformado en las que, bajo la exposición a altas temperaturas, alcanzan casi una conversión completa a gases de gasificación. Esto hace posible el uso de dichos gases para la producción de energía eléctrica en motores de gas-diésel, motores accionados por gas o turbinas de gas, por ejemplo, con costes mínimos para la refrigeración y la purificación de dichos gases.

15 Al mismo tiempo, el procedimiento de gasificación de corriente descendente tradicional está caracterizado por algunas desventajas que han impedido un uso más generalizado de ese procedimiento. Algunas de las desventajas del procedimiento de gasificación de corriente descendente tradicional que se han descrito en la literatura técnica y científica son: (1) la imposibilidad de usar el procedimiento de corriente descendente para el procesamiento de materias primas plastificantes y coquizantes con alto contenido de componentes volátiles debido al atascamiento de la materia prima en un depósito o silo para el secado y la pirólisis a baja temperatura, que, a su vez, resulta en un procedimiento de gasificación inestable seguido de una parada completa del mismo; (2) la imposibilidad de operar con materia prima que tiene una fracción fina o grande, con materia prima que representa un cuerpo agregado comprimido, o con materia prima con alto contenido de ceniza que tiene baja temperatura de fusión de ceniza; (3) la necesidad de parar el procedimiento para la carga periódica o la carga adicional de materia prima, su trituración y empuje manual (a la que se hace referencia como "poking"), (4) la necesidad de una eliminación periódica de las cenizas residuales y/o de residuo de escoria; (5) la heterogeneidad de v y de las composiciones de los gases producidos debido a la parada para la carga de la materia prima, lo que hace más difícil el uso de dichos gases; (6) una productividad de gasificadores relativamente baja causada por el suministro de flujo de aire con parámetros que no permiten el inicio del procedimiento de formación intensiva de escoria; (7) producción de residuos de cenizas inorgánicas tóxicas; (8) incapacidad de utilizar de manera eficaz el calor de los gases producidos para mejorar la eficiencia del gasificador; y (9) pérdidas de calor significativas.

20 El documento EP0837120 describe un procedimiento para la gasificación de combustible, que usa un gasificador asociado con un dispositivo de usuario del gas combustible producido, en el que el procedimiento incluye la recuperación térmica de al menos parte del calor que posee el gas combustible producido y/o al menos parte del calor que poseen los gases de escape producidos por el dispositivo de usuario y/o al menos parte del calor generado por el propio dispositivo de usuario y que incluye en la parte inferior del gasificador medios catalizadores de níquel para producir gas metano y que incluye en la parte superior del gasificador un intercambio, tanto en dirección vertical como horizontal, de los fluidos fríos y/o los destilados de las partes volátiles en el interior del combustible; cargados desde arriba y los fluidos calientes en la parte inferior del gasificador de manera que se obtenga una destilación en seco sin la combustión de las partes volátiles del combustible sólido.

35 El documento EP0531778 describe un gasificador de corriente paralela según la invención que tiene una cámara de combustión que está cerrada en la parte inferior como mucho por una rejilla para la eliminación de cenizas y que está equipada en su interior con un tornillo giratorio, con el fin de alimentar hacia arriba el material que debe ser gasificado y que ha pasado a través de la zona de combustión.

40 El documento WO03/012013 describe un sistema en el que el desecho a ser tratado es compactado simultáneamente para formar un tapón que previene la fuga de gases desde un espacio de reacción. Un gas que contiene oxígeno es alimentado al espacio de reacción, con el fin de afectar a la combustión del desecho y producir gases y material sólido. El gas es filtrado a través del material sólido, causando que los gases reaccionen con el material sólido, de manera que se produzcan gases combustibles y ceniza.

Sumario

50 La siguiente es una breve descripción de las realizaciones ilustrativas de la invención. Se proporciona como un prefacio para ayudar a las personas con conocimientos en la materia a asimilar más rápidamente la descripción detallada siguiente, y no se pretende en modo alguno limitar el alcance de las reivindicaciones, que se adjuntan a la presente

memoria con el fin de enfatizar de manera particular la invención.

Se proporciona un aparato según la reivindicación 1. Una selección de características opcionales se expone en las reivindicaciones dependientes.

5 El funcionamiento del aparato descrito anteriormente comprende un suministro continuo de materia prima al tronco o cuerpo del gasificador, donde la materia prima es suministrada bajo una presión creada por el mecanismo de carga, lo que causa un movimiento de la materia prima a lo largo del tronco del mecanismo de carga y el tronco del gasificador y permite el paso sin obstáculos de los gases formados y del carbono residual a través de todas las zonas de procesamiento seguido por la refrigeración, la trituración mecánica y la eliminación de la escoria.

Breve descripción de los dibujos

10 La Fig. 1 presenta una representación esquemática de un aparato según una realización de la presente invención.

La Fig. 2 es una representación simbólica de la distribución de las zonas funcionales en un aparato que implementa una realización del procedimiento de la presente invención.

La Fig. 3 es un diagrama de flujo de una realización del procedimiento de la presente invención.

Descripción detallada

15 La presente invención se refiere a un procedimiento y a un aparato para el procesamiento de materia prima que contiene carbono a gases de gasificación. La descripción siguiente se presenta para permitir que una persona con conocimientos ordinarios en la materia lleve a cabo y use la invención y se proporciona en el contexto de la presente descripción y sus requisitos. Aunque la presente invención se describirá en el contexto de un procedimiento y un aparato para el procesamiento de desechos domésticos e industriales, diversas modificaciones a la realización preferida serán fácilmente evidentes para las personas con conocimientos en la materia, y los principios descritos en la presente memoria pueden aplicarse a otras materias primas que contienen carbono, realizaciones del aparato y modificaciones del procedimiento.

20

La presente invención permite procesar materia prima con diversas estructuras morfológicas, composición fraccionada y un contenido de humedad incrementado que era imposible procesar de manera fiable y eficiente en un procedimiento de corriente descendente mediante los procedimientos conocidos anteriormente.

25 Con referencia a la Fig. 1, una realización del aparato de la presente invención comprende: un recipiente 1 exterior, un recipiente 2 interior, una cámara 3 de combustión, un tronco 4 de mecanismo de carga y un mecanismo 5 de descarga de escoria.

30 El recipiente 1 exterior está realizado preferiblemente en lámina de acero resistente al calor en forma de cilindro, pero puede estar realizado en otro material resistente al calor y puede tener una forma no cilíndrica. La brida 10 de refrigeración está fijada al extremo inferior del recipiente 1 exterior con el canal 11 de refrigeración de aire, preferiblemente anular. La brida 12 está fijada al extremo superior del recipiente 1 exterior. La salida 13 de gas, caracterizada preferiblemente por una sección transversal rectangular o redonda, está posicionada tangencialmente al recipiente 1 exterior. La salida 13 de gas está destinada a descargar los gases de gasificación producidos desde el aparato de la presente invención.

35 La camisa 14 térmica es posicionada preferiblemente sobre la superficie exterior del recipiente 1 exterior. Hay canales 15 de aire formados en la camisa 14 térmica. La camisa 14 de aislamiento térmico está equipada preferiblemente con una carcasa 16 exterior y superficies 17 de apoyo. En una realización alternativa, la carcasa 16 exterior puede ser fabricada como dos cubiertas cilíndricas de diámetro diferente conectadas entre sí por un puente rígido concéntrico y fijadas al reborde 10 inferior. La cubierta 18 está fijada al reborde 12 superior. El reborde 19 está posicionado en la parte inferior de la cubierta 18, la caja 20 de distribución de aire está fijada a la superficie superior del reborde 19. El reborde 19 está acoplado con el reborde 12. El reborde 19 está conectado también a la parte superior del recipiente 2 interior.

40

El cuerpo 9 del mecanismo 5 de descarga de escoria está fijado al reborde 10 inferior. El reborde 23 con el canal 24 de refrigeración de aire está posicionado por encima del mecanismo 5 de descarga de escoria. Los canales 48 de aire pasan a través de los rebordes 10 y 23 y conectan los canales 11 y 24 de refrigeración de aire.

45 En esta realización, el recipiente 2 interior está caracterizado por una forma cilíndrica y está realizado en una lámina de acero resistente al calor. El recipiente 2 interior está posicionado en el interior del recipiente 1 exterior. El recipiente 1 interior y el recipiente 2 exterior están conectados a través del reborde 19. El canal 26 de gas está situado entre el recipiente 1 exterior y el recipiente 2 interior.

La cubierta 21 está conectada a la parte superior del recipiente 2 interior a través de un reborde 22 con la carcasa 20 de distribución de aire. La cámara 3 de combustión está situada en la parte inferior del recipiente 2 interior. El tronco 8 de

gasificador está situado en el interior del recipiente 2 interior. Los canales 25 de suministro de aire situados en el interior del recipiente 2 interior conectan la carcasa 20 de distribución de aire con la cámara 3 de combustión. Pueden usarse tuberías para formar los canales 25 de suministro de aire. Las cuchillas del turbulador 27 están formadas sobre la superficie exterior del recipiente 2 interior.

5 En la realización preferida, la cámara 3 de combustión está moldeada con acero resistente al calor. De manera alternativa, la cámara 3 de combustión puede tener una estructura soldada o puede ser de otra manera adecuada. La cámara 3 de combustión se caracteriza por una pared 28 interior y una pared 29 exterior. Además, en la realización preferida, la cámara 3 de combustión está compuesta de cubiertas cilíndricas fijadas entre sí por inserciones concéntricas que forman un volumen interior, curva 30 bajo las toberas conectada con la carcasa 20 de distribución de aire por canales 25 de suministro de aire.

La pared 28 interior de la cámara 3 de combustión puede tener forma de un cono truncado con un diámetro mayor en su parte inferior. Puede aplicarse un revestimiento resistente al calor a la superficie exterior de la cámara 3 de combustión. Las toberas 31 exteriores pueden construirse como boquillas alrededor de la circunferencia de la pared 28 interior.

15 Las toberas 32 interiores se colocan en la parte central de la cámara 3 de combustión en un ángulo con relación a las paredes del recipiente 2 interior. Las toberas 32 interiores están conectadas a la carcasa 20 de distribución de aire por canales 25 de suministro de aire.

20 El mecanismo de carga 7 comprende recibir el depósito 33, el canal 34 de suministro de materia prima y el tronco 35 de mecanismo de carga. El mecanismo de carga puede estar equipado con un pistón 36 o un accionamiento mecánico adecuado de otro diseño. En la realización preferida, el tronco 8 de gasificador es colocado en el interior del recipiente 2 interior de manera que el eje del tronco 8 de gasificador coincida sustancialmente con el eje del tronco 35 del mecanismo de carga y el borde 4 abierto inferior del tronco 35 del mecanismo de carga es posicionado al nivel, o ligeramente debajo, del borde superior del tronco 8 de gasificador. El diámetro del tronco 35 de mecanismo de carga es menor que el diámetro del tronco 8 de gasificador.

25 En una realización alternativa, una parte del tronco 35 del mecanismo de carga que está situada por encima de la cubierta 21 puede estar equipada con un refrigerador. El tronco 8 de gasificador está formado como un cono truncado ensanchado en la parte inferior. Preferiblemente, las ranuras de desgasificación están formadas en las paredes del tronco 8 de gasificador. Preferiblemente, las ranuras de desgasificación están cortadas a través de toda la longitud de las paredes del tronco 8 de gasificador, pero pueden dejar partes no cortadas, preferiblemente más cerca de la parte media del tronco 8 de gasificador. En la realización preferida, las ranuras de desgasificación son más anchas hacia el extremo inferior del tronco 8 de gasificador. El diámetro de la parte inferior del tronco 8 de gasificador es menor que el diámetro del recipiente 2 interior.

35 En la realización preferida, el tronco 8 de gasificador está reforzado a lo largo de su longitud con anillos de acero de diversos diámetros fijados a la superficie exterior del tronco 8 de gasificador. Dichos anillos de acero sirven como estructuras de rigidez. Si la forma del tronco del gasificador es diferente, las estructuras de rigidez se adaptarán a la forma del tronco del gasificador. Por ejemplo, si el tronco del gasificador es octogonal, entonces las estructuras de rigidez serán también octogonales. Además, en la realización preferida, el tronco 8 de gasificador está equipado con nervios de rigidez posicionados en segmentos de pared separados por las ranuras de desgasificación.

Hay una cámara 37 de amortiguamiento formada entre el recipiente 2 interior y el tronco 8 de gasificador.

40 El mecanismo 5 de descarga de escoria incluye un cuerpo 9 cilíndrico. El reborde 23 está fijado a la parte superior del cuerpo 9 cilíndrico. El reborde 23 está equipado con canales 48 de aire. La caja 39 de distribución de aire está fijada a la superficie interior del fondo 40 del mecanismo 5 de descarga de escoria. La caja 39 de distribución de aire tiene preferiblemente forma cilíndrica con orificios en su parte superior. Una tubería de derivación del canal 38 de suministro de aire es insertada a través de la pared lateral del mecanismo 5 de descarga de escoria y es fijada tangencialmente a la caja 39 de distribución de aire.

45 El mecanismo 5 de descarga de escoria está equipado también con una mesa 41. Un raspador 42 de escoria giratorio está posicionado sobre la mesa 41. El raspador 42 de escoria giratorio está construido como una estructura hueca con un sistema de refrigeración por aire o agua en su interior. El raspador 42 de escoria está equipado con una tubería 45 de derivación de entrada de refrigerante y una tubería 46 de derivación de salida de refrigerante. El raspador 42 de escoria está equipado también con una unidad 4 de cojinete y un accionamiento 43 mecánico. La mesa 41 está fijada al cuerpo 9 del mecanismo 5 de descarga de escoria.

El reborde 23 es una continuación de la mesa 41. Los canales 48 de aire están posicionados entre los rebordes 23 y 10, los canales 48 de aire conectan el canal 11 de refrigeración de aire con la bandeja 24 del mecanismo 5 de descarga de

escoria. Uno o más depósitos 47 de recogida de escoria están fijados a la superficie inferior de la mesa 41. Los depósitos 47 de recogida de escoria están conectados a canales 6 de bloqueo de descarga de escoria.

Funcionamiento de la realización preferida

5 La materia prima es cargada en el depósito de recepción del mecanismo 33 de carga. A continuación, se introducen lotes de materia prima en el canal 34 de suministro de materia prima. La materia prima puede ser movida por un pistón equipado con un accionamiento. De esta manera, los lotes de materia prima son introducidos a un canal 34 de suministro de materia prima, preferiblemente inclinado, y a continuación al tronco 35 del mecanismo de carga. Cuando un lote de materia prima es movido al tronco 35 del mecanismo de carga, el pistón 36 es situado en su posición superior. Tras la introducción de un lote de materia prima en el tronco 35 del mecanismo de carga, el pistón 36, accionado por su accionamiento, se hace descender a su posición inferior, moviendo de esta manera la materia prima hacia abajo hacia el tronco 35 del mecanismo de carga. Se forma un tapón estanco al aire a partir de la materia prima bajo la presión ejercida por el pistón 36 y junto con las fuerzas de fricción entre la materia prima comprimida y las paredes interiores del tronco 35 del mecanismo de carga.

10 El funcionamiento de los accionamientos y de los pistones del canal 34 de suministro de materia prima y del tronco 35 del mecanismo de carga está sincronizado. Esto permite el suministro por lotes de materia prima prensada en forma de un tapón móvil hermético al aire al tronco 8 de gasificador. Durante el siguiente ciclo de carga, un nuevo tapón, que se forma en el tronco 35 del mecanismo de carga, empuja el tapón anterior al tronco 8 de gasificador. Debido a que el diámetro del tronco 8 de gasificador es mayor que el diámetro del tronco 35 del mecanismo de carga, la materia prima, en forma de tapones herméticos al aire prensados, se descompone en partes más pequeñas que se extienden por toda la superficie de la parte superior del tronco 8 de gasificador.

15 El tronco 35 del mecanismo de carga puede estar equipado con un refrigerador exterior que protege el tapón hermético al aire durante el funcionamiento y especialmente durante los apagados del gasificador contra el secado o la combustión, lo que puede resultar en la pérdida de la hermeticidad al aire del tapón. El tronco 8 de gasificador está construido como un cono truncado ensanchado hacia su parte inferior. Las ranuras de desgasificación, que están también ensanchadas hacia abajo, permiten reducir la fricción entre la materia prima (a medida que desciende al tronco 8 de gasificador) y las paredes interiores del tronco 8 de gasificador, lo que a su vez facilita el paso de la materia prima a través del tronco 8 de gasificador a la cámara 5 de combustión.

20 La materia prima compactada en el tronco 8 de gasificador a lo largo de toda su longitud está expuesta al calor exterior desde las paredes del recipiente 2 interior, que se calienta desde el exterior mediante los gases calientes producidos en la zona de la cámara 3 de combustión y es canalizado a la salida 13 de gas a través del hueco entre el recipiente 2 interior y el recipiente 1 exterior. La temperatura a lo largo del tronco 8 de gasificador alcanza aproximadamente 700°C en su parte inferior y aproximadamente 300-400°C en su parte superior.

25 El turbulador 27, que consiste en una pluralidad de palas metálicas fijadas en un patrón en espiral a la superficie exterior del recipiente 2 interior, intensifica la transferencia de calor desde el flujo ascendente de gases de gasificación calientes a las paredes del recipiente 2 interior.

30 Debido a la acción continua del pistón 36, la materia prima en el interior del tronco 8 de gasificador se mueve hacia la cámara 3 de combustión. A medida que se mueve hacia por el tronco 8 de gasificador, la materia prima sufre experimenta causados por la exposición al calor. Dicho procesamiento a baja temperatura de la materia prima puede dividirse aproximadamente en tres etapas: secado, plastificación y pirólisis a baja temperatura. De esta manera, el tronco 8 de gasificador representa una zona de procesamiento a baja temperatura (Zona 1). La Fig. 2 muestra esquemáticamente varias zonas en el interior del aparato según la presente invención.

La zona 1 puede dividirse, aproximadamente, en tres áreas:

- Área 1.1 - zona de secado de materia prima;

- Área 1.2 - zona de plastificación; y

45 - Área 1.3 - pirólisis a baja temperatura.

50 El vapor de procedimiento y los gases de pirólisis que contienen alquitranes ligeros y carbono se forman mediante un procesamiento a baja temperatura de la materia prima en la Zona 1. Dicho vapor y dichos gases entran a la cámara 37 de amortiguamiento a través de las ranuras de desgasificación del tronco 8 de gasificador. La cámara 37 de amortiguamiento está posicionada entre el tronco 8 de gasificador y el recipiente 2 interior. A continuación, el vapor de procedimiento y los gases de pirólisis entran a la zona de la cámara 3 de combustión a través del hueco formado por la diferencia en los diámetros de la parte inferior del tronco 8 de gasificador y el recipiente 2 interior. Un tapón hermético al aire, formado a partir de materia prima en el tronco 35 del mecanismo de carga, no permite la descarga a la atmósfera de

la mezcla de vapor-gas formada en la Zona 1. El mismo tapón previene la entrada de aire desde el exterior. Los alquitranes ligeros y el carbono junto con los gases de pirólisis, que se forman en la zona de pirólisis a baja temperatura (Área 1.3) y que pasan a través de las ranuras de desgasificación del tronco 8 de gasificador, podrían bloquear la parte inferior de la cámara 37 de amortiguamiento. Sin embargo, la alta temperatura de aproximadamente 704,44°C y el vapor que entra desde la zona de secado (Área 1.1) eliminan el alquitrán de la parte inferior de la cámara 37 de amortiguamiento, permitiendo de esta manera el paso sin obstrucciones de la mezcla de vapor-gas desde la cámara 37 de amortiguamiento a la cámara 3 de combustión.

No hay ranuras de desgasificación en la zona de plastificación (Área 1.2). Esto es necesario para garantizar que la materia prima, que ha cambiado su estado agregado de sólido a viscoso bajo la presión del pistón 36, no sea expulsada en esta área a través de las ranuras de desgasificación al interior de la cámara 37 de amortiguamiento, lo que podría crear obstáculos para el paso libre de la mezcla de vapor-gas.

Los canales 25 de suministro de aire están posicionados en la cámara 37 de amortiguamiento, en el lado opuesto de las ranuras de desgasificación del tronco 8 de gasificador. El aire, calentado desde las paredes del mecanismo 5 de descarga de escoria, es suministrado desde la carcasa 20 de distribución de aire a través de los canales 25 de suministro de aire a las toberas 32 interiores y es suministrado también a través de la curva 30 bajo la tobera a las toberas 31 exteriores.

El vapor y/o el dióxido de carbono pueden ser introducidos al gasificador como oxidante adicional a través de la entrada 49 de vapor situada en la parte superior de la cámara 37 de amortiguamiento.

Las toberas 32 interiores están posicionadas al nivel del borde inferior del tronco 8 de gasificador. Las toberas 32 interiores están instaladas en un ángulo de aproximadamente 45 grados con respecto a la pared del recipiente 2 interior. Las toberas interiores están fijadas con soportes de placas, que proporcionan también soporte para la materia prima en el tronco 8 de gasificador para prevenir una caída brusca de la materia prima a la zona de la cámara 3 de combustión. Los soportes de placas ayudan también a separar la materia prima en segmentos. Esto, a su vez, facilita el procedimiento de gasificación del carbono residual en la zona de la cámara 3 de combustión ya que hace posible que el aire procedente de las toberas 31 exteriores junto con los gases procedentes de la cámara 37 de amortiguamiento penetren libremente en la materia prima prensada.

Después de pasar por la zona de procesamiento a baja temperatura (Zona 1), la mezcla de vapor-gas y el carbono residual, que está dividida en segmentos y triturada parcialmente, entra bajo la acción del pistón 36 a la cámara 3 de combustión, en la que está situada la zona de procesamiento a alta temperatura (Zona 2). La zona 2 está caracterizada por temperaturas comprendidas entre aproximadamente 704,44°C y aproximadamente 1.315,56°C, en la que la mezcla de vapor-gas y carbono residual son sometidas a altas temperaturas, tal como se muestra en la Fig. 2:

- Área 2.1 - pirólisis a alta temperatura y zona de gasificación posterior;
- Área 2.2 - zona de combustión;
- Área 2.3 - zona de reformado.

La cámara 3 de combustión está posicionada en la parte inferior del recipiente 2 interior y consiste en una curva 30 debajo de las toberas, que comprende la pared 28 exterior de la cámara 3 de combustión y la pared 29 interior de la cámara 3 de combustión. Los canales 25 de suministro de aire están fijados en la parte superior de la pared 29 interior. Las toberas 31 exteriores están situadas en la parte media de la pared 29 interior, a lo largo de todo su perímetro.

Las toberas 32 interiores están posicionadas en el interior de la cámara 3 de combustión. Las toberas 31 exteriores y las toberas 32 interiores forman las curvas de tobera. La mezcla de carbono residual y vapor-gas se mueve desde la cámara 37 de amortiguamiento bajo la acción del pistón 36 a lo largo de las curvas de tobera. El aire, calentado desde las paredes del mecanismo 5 de descarga de escoria, entra a través de los canales 25 de suministro de aire a la curva 30 bajo la tobera, donde es calentado adicionalmente mientras se refrigera la estructura metálica de la curva 30 bajo la tobera.

El aire calentado entra a la zona de combustión (Área 2.2) de la cámara 3 de combustión a través de las toberas 31 exteriores a una velocidad de aproximadamente 30 a 50 metros por segundo. El aire calentado es suministrado también a la zona de combustión a través de las toberas 32 interiores, aproximadamente a la misma velocidad. Inicialmente, bajo la influencia del oxígeno del aire en la zona de combustión, se produce una combustión prácticamente completa de los gases de alta energía y los alquitranes formados en el procesamiento a baja temperatura (Zona 1), así como la combustión parcial del carbono residual. Debido a un efecto exotérmico significativo de las reacciones oxidativas en la zona de combustión (Área 2.2), la temperatura aumenta bruscamente hasta aproximadamente 1.482,22 – 1.704,44°C, lo que hace posible usar una materia prima con un alto contenido de humedad, así como aumentar adicionalmente la cantidad de gases de gasificación producidos por medio de productos de hidro-gasificación.

A su vez, el contenido de humedad creciente de la materia prima permite reducir la temperatura en esta zona a -871,11 –

1.315,56°C. La alta velocidad del aire procedente de las toberas intensifica en gran medida (hasta el 200%) la combustión del carbono residual directamente frente a las toberas en comparación con la velocidad de combustión global en la cámara 3 de combustión. Eso permite dispersar la mayor parte del carbono residual presente en la zona de la curva de toberas, para crear en la misma zona un efecto de ebullición de carbono intensivo en los gases formados como resultado de la gasificación, para intensificar el efecto de las reacciones de combustión y las reacciones de reformado primario en esa zona, que, a su vez, mejoran significativamente la composición de los gases de gasificación producidos.

El componente inorgánico del carbono residual en la zona de combustión (Área 2.2) y en la zona de reformado (Área 2.3) actúa como un sorbente y participa de manera activa en la purificación del gas de gasificación producido de a partir de mezclas peligrosas de metales pesados, azufre y compuestos de cloro, convirtiéndolos en insolubles inactivos en forma de agua, es decir, principalmente, una escoria de silicato compleja.

El grado de purificación del gas, así como la temperatura de formación de la escoria, en estas zonas depende directamente de los ingredientes de los componentes inorgánicos en el carbono residual. Por lo tanto, el grado de purificación de gas, así como la temperatura de formación de escoria, puede ajustarse usando aditivos inorgánicos en la materia prima, tales como óxidos de metal, sales e hidratos de óxido de los mismos, dióxido de silicio y otros.

La escoria formada en la zona de combustión (Área 2.2) es transferida a través de la zona de reformado (Área 2.3) a la zona de escoria (Zona 3) en estado líquido, viscoso o sólido dependiendo de las temperaturas en estas zonas, la estructura morfológica y el contenido de humedad de la materia prima, así como los aditivos inorgánicos de la materia prima y un posible suministro adicional de vapor de procedimiento al gasificador. La escoria es enfriada y es tritura mecánicamente en la zona de escoria (Zona 3), con la eliminación subsiguiente a través de los canales 6 de bloqueo de descarga de escoria.

El reborde 23 conecta el mecanismo 5 de descarga de escoria con el recipiente del gasificador a través del reborde 10 inferior del recipiente 1 exterior. Unos canales 48 de aire pasantes están posicionados entre los rebordes 23 y 10, conectando de esta manera el canal 11 de refrigeración de aire y la bandeja 24 del mecanismo 5 de descarga de escoria. El sistema de canales de aire permite, con la ayuda de aire frío suministrado al gasificador, reducir las temperaturas que afectan a los rebordes 23 y 10, al cuerpo y a otros elementos del mecanismo 5 de descarga de escoria, así como la parte inferior del recipiente 1 exterior, estando todos ellos situados en la zona de alta temperatura.

El aire, calentado en la bandeja 24 del mecanismo 5 de descarga de escoria, es suministrado a través de canales 15 de aire verticales a la caja 20 de distribución de aire, posicionada sobre la cubierta 21, desde la cual el aire es dirigido a las toberas interiores y exteriores de la cámara 3 de combustión. El cuerpo 9 del mecanismo 5 de descarga de escoria está fijado a la mesa 41 en el punto de su transición al reborde 23. El cuerpo 9 tiene una parte 40 inferior. La caja 39 de distribución de aire está situada en la parte interior de la parte 40 inferior. Preferiblemente, la caja 39 de distribución de aire está realizada en forma de un cilindro con orificios concéntricos en su cubierta.

El canal 38 de suministro de aire es introducido a través de la pared lateral del cuerpo 9 del mecanismo 5 de descarga de escoria. Se suministra aire ambiente frío al gasificador a través del canal 38 de suministro de aire. Preferiblemente, el canal 38 de suministro de aire está conectado a la caja 39 de distribución de aire en un ángulo para mejorar la distribución de aire en el interior de la caja 39 de distribución de aire. El raspador 42 de escoria giratorio está posicionado sobre la mesa 41. El raspador de escoria es enfriado desde la caja 39 de distribución de aire de flujo de aire. El raspador 42 de escoria puede estar equipado con su propio sistema de refrigeración por aire o por agua, entrada 45 de refrigerante, salida 46 de refrigerante, bloque 44 de cojinete y accionamiento 43 mecánico.

Durante los movimientos giratorios bajo la acción del accionamiento 43 mecánico, el raspador 42 de escoria raspa, con su borde dentado, una parte de escoria sólida superior, mientras raspa también, con su borde afilado frontal, la escoria de la superficie de la mesa 41, cuya escoria entra en forma fundida, pero posteriormente se solidifica sobre la superficie de la mesa 41 como resultado del enfriamiento por el aire suministrado de manera continua a la bandeja 24. La escoria es triturada y, bajo la acción de una fuerza de rotación centrífuga del raspador 42 de escoria, es arrojada a la periferia de la mesa 41, donde están situados uno o más depósitos 47 de acumulación de escoria. Los depósitos de acumulación de escoria están conectados con los canales 6 de bloqueo de descarga de escoria. De esta manera, los depósitos 47 de acumulación de escoria se llenan con escoria triturada. Posteriormente, la puerta deslizante superior del dispositivo de exclusiva (no mostrado en la Fig. 1) se abre y la escoria es descargada al dispositivo de exclusiva, vaciando de esta manera el depósito 47 de acumulación de escoria. A continuación, la puerta deslizante superior se cierra y la puerta deslizante inferior (no mostrada en los dibujos) se abre, vaciando de esta manera la escoria desde la exclusiva. A continuación, la escoria es dirigida además por el transportador al depósito de acumulación de escoria (no mostrado en los dibujos). Este procedimiento permite la descarga de la escoria prácticamente sin ningún acceso de aire ambiente al gasificador.

Después de pasar la zona de procesamiento a alta temperatura, los gases de gasificación entran a la zona de gas, Zona 4, que está situada en el área entre el recipiente 1 exterior y el recipiente 2 interior. Mientras asciende desde abajo hacia arriba a través del vacío entre el recipiente 2 interior y el recipiente 1 exterior desde la parte inferior de la cámara 3 de

combustión a la salida 13 de gas, el flujo de gas es enfriado a una temperatura de aproximadamente 300-400°C debido a la transferencia de calor por convección en la zona de procesamiento a baja temperatura (Zona 1) a través del recipiente 2 interior. Para facilitar el intercambio de calor, el turbulador 27 está instalado en la zona de gas (Zona 4).

5 El flujo de gas, que asciende desde la parte inferior hacia arriba, entra al turbulador 27, donde cambia la dirección de su movimiento mientras se mueve en una trayectoria espiral alrededor del recipiente 2 interior. De esta manera, se aumentan tanto la velocidad lineal como la turbulencia del flujo de gas. Estos dos factores, junto con la mayor superficie de intercambio de calor (debida a la superficie de las palas del turbulador 27), mejoran significativamente la velocidad de transferencia de calor entre los gases y el recipiente 2 interior, transfiriendo de esta manera la cantidad máxima de calor desde los gases de gasificación a la materia prima en la zona de procesamiento a baja temperatura (Zona 1).

10 Para evitar una resistencia adicional al flujo de los gases procedentes del turbulador 27, preferiblemente, la salida 13 de gas de gasificación está fijada tangencialmente con una inclinación hacia abajo al recipiente 1 exterior, que, junto con la alta velocidad del flujo de gas a través de la salida 13 de gas, minimiza la deposición sobre su pared inferior de carbono y polvo de escoria que pueda estar presente en el gas de gasificación.

15 La salida 13 de gas tiene aislamiento térmico exterior y está conectada a través de una unión mediante bridas con el separador ciclónico caliente que tiene una carcasa de aislamiento térmico que permite minimizar las pérdidas de calor del gas de gasificación a través de las paredes del recipiente separador ciclónico. El separador ciclónico caliente es usado para limpiar los gases de gasificación que salen desde el gasificador desde el carbono de dispersión fina y el polvo de escoria, que puede ser recogidos en el recipiente de recepción y eliminados a través de un dispositivo de exclusa.

20 El gas de gasificación puede ser dirigido además a un sistema de refrigeración y de purificación final, donde el enfriamiento puede ser realizado con la producción de vapor de procedimiento o agua caliente, mientras que la purificación final a partir de mezclas nocivas puede ser necesaria para su uso industrial posterior.

Para una mejor comprensión de la presente invención, pero sin limitar su alcance, a continuación, se proporciona una descripción de las zonas de temperatura.

Zonas de temperatura

25 Los procedimientos de calentamiento, de secado, de pirólisis a baja temperatura y alta temperatura de la materia prima tienen lugar simultáneamente en el aparato de la presente invención. Además, la interacción de los gases oxidantes con los productos de descomposición y el carbono residual de la materia prima tiene lugar en el aparato.

30 Los desechos domésticos sólidos (Solid Household Waste, SHW), como materia prima para un aparato gasificador, es una composición increíblemente diversa y multicomponente de componentes orgánicos y minerales. La Tabla 1 contiene datos, sobre los cuales se basa la siguiente descripción.

35 Los componentes orgánicos y minerales de la materia prima son esenciales para el procesamiento de la materia prima. Tienen un efecto importante tanto sobre la composición de los gases de gasificación producidos como sobre la formación de escoria residual. Tanto la composición como el tipo de componentes minerales tienen un efecto sobre el procesamiento de la materia prima. Se distinguen dos tipos principales de componentes inorgánicos: como mezclas mecánicas y como componentes unidos químicamente con el contenido de materia prima.

40 El primer tipo, clave, comprende una cantidad de componentes inorgánicos comprendida entre aproximadamente el 6% y aproximadamente el 25% del peso total de la materia prima. Este tipo de componentes se encuentra en la materia prima como mezclas mecánicas, tales como metales ferrosos y no ferrosos, cerámica, residuos de construcción, basura, vidrio y otros, formando su parte mineral y que comprende los componentes principales siguientes, tales como: CaCO_3 , MgCO_3 , FeCO_3 , CaSO_4 , Na_2SO_4 , FeSO_4 , FeS_2 , SiO_2 , silicatos con diversos contenidos de óxidos principales Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , Na_2O , K_2O y un pequeño contenido de óxidos de otros metales.

Estos componentes pueden organizarse simbólicamente según la disminución de su contenido en la materia prima, en el siguiente orden:

- SiO_2 , decenas de porcentajes;
- 45 – Al, Al_2O_3 , MgO, Fe, F_2O_3 , CaSiO_3 , CaCO_3 , porcentajes, porcentajes del orden de decenas;
- Cu, Zn, S, TiO_2 , FeO, Ni, Pb, Na_2SiO_3 , Sn, CaSO_4 , MgSO_4 , Cl^- , S^{2-} , Na_2CO_3 , porcentajes, un porcentaje del orden de décimas;
- BaO, ZnO, Cd, NaCl, NaPO_4 , MgCO_3 , MgSO_4 , MgSiO_3 , K_3PO_4 , CaCl_2 , MgCl_2 , K_2CO_3 , Cr, Sb, SbO , un porcentaje del orden de décimas a centésimas;

- NaOH, LiOH, W, V₂O₅, Cr₂O₃, Ni₂O₃, PbO, ZnSiO₃, F⁻, SO₃²⁻, Mn, V, Mo, As, Co, Hg, As₂O₃, BeO, un porcentaje de menos de una centésima.

5 El segundo tipo de componentes inorgánicos comprende componentes unidos químicamente con una materia prima y constituye cantidades menores de compuestos. Este tipo de componentes minerales constituye típicamente del 0,47% al 2,81% del peso total de la materia prima. Algunos de dichos componentes son, por ejemplo, metales y sus óxidos y sales, que están contenidos en papel, cartón, madera y tintes, contenidos en desechos textiles y materiales poliméricos.

Zona 1, zona de procesamiento a baja temperatura, con temperaturas comprendidas entre: 20 - 700°C; esta zona permite el secado, la destrucción y la pirólisis a baja temperatura de la materia prima introducida en el gasificador. Esta zona puede dividirse aproximadamente por intervalos de temperatura en 3 áreas:

10 Área 1.1 - zona de secado. El intervalo de temperaturas es de 20÷150°C.

Área 1.2 - zona de plastificación. El intervalo de temperatura es 150÷350°C.

Área 1.3 - zona de la pirolisis a baja temperatura. El intervalo de temperatura es de 350÷700°C.

Área 1.1, zona de secado, con temperaturas comprendidas entre 20÷150°C, situada en la parte superior del canal de carga, donde tienen lugar los siguientes procedimientos:

- 15 - En la parte enfriada del tronco del mecanismo de carga: compactación de la materia prima cargada y formación de un tapón hermético al aire, que es, esencialmente, un procedimiento de compactación o aglomeración de la materia prima;
- En la zona calentada por el calor de los gases de gasificación en la parte superior del tronco del gasificador: calentamiento inicial de la materia prima y evaporación de la humedad libre;
- 20 - Formación intensiva de vapor; secado de materia prima, dentro de la cual se produce un sobrecalentamiento parcial del vapor; inicio del procedimiento para el cambio del estado de agregación de los elementos fusibles de la materia prima, ablandamiento de las zonas locales en la masa de la materia prima.

25 En el contexto de los procedimientos de secado, se distingue la humedad libre, la humedad que está mezclada con el combustible (es decir, humedad, obtenida en contacto directo con agua) y la humedad contenida en la estructura de la materia prima (humedad higroscópica), que es causada por la adsorción de vapor.

30 Durante el procedimiento de calentamiento, la velocidad de secado aumenta rápidamente a una constante y, a continuación, empieza el período de velocidad de secado constante y, después de la consecución de un estado higroscópico, empieza la etapa de una velocidad de secado descendente. La zona de evaporación se profundiza en la mayor parte de la materia prima prensada. En el calentamiento intensivo de los lechos superficiales y el enriquecimiento de los lechos interiores con humedad se producen debido a la evaporación de la humedad desde la superficie y su movimiento en la masa bajo la exposición de la conductividad hidrotérmica.

35 Durante el procedimiento de secado, el coeficiente de conducción de calor disminuye constantemente. El coeficiente de transferencia de calor, empezando con un punto crítico, disminuye también drásticamente, a medida que disminuye el contenido de humedad, lo cual es causado por la profundización del área de evaporación y el aumento de la resistencia térmica del lecho exterior seco de la materia prima.

Estos procedimientos conducen al deterioro del calentamiento de los lechos interiores de la materia prima, lo que resulta en tiempos crecientes para el secado completo de los lechos interiores de la materia prima. Por consiguiente, el límite inferior del área de secado de toda la materia prima en el interior del tronco del gasificador adopta una forma en parte similar a un cono truncado, que tiene su vértice en la parte inferior, tal como se muestra en la Fig. 2.

40 El vapor, que se forma como resultado del secado de la materia prima, entra a la cámara de amortiguamiento a través de las ranuras de desgasificación del tronco del gasificador, donde, después de hacer contacto con las paredes del recipiente interior del gasificador, se sobrecalienta parcialmente.

Durante todo el procedimiento de secado, la materia prima se contrae; en otras palabras, disminuye su volumen y su calentamiento adicional conduce a mayores cambios estructurales.

45 Área 1.2, zona de plastificación, con un cambio de temperatura comprendido entre 148,89-357,22°C, está situada en la parte media calentada del tronco del gasificador, dentro de la cual tienen lugar los siguientes procedimientos:

- el secado completo de la materia prima;

- el inicio de los procedimientos de descomposición y de destrucción de polímeros orgánicos;
 - el cambio del estado de agregación de los materiales fusibles de origen orgánico e inorgánico, su conversión en plástico o estado líquido;
 - conversión de toda la materia prima en masa plástica móvil; y
- 5 – formación inicial de alquitranes e hidrocarburos saturados e insaturados.

De esta manera, a la temperatura de aproximadamente 120°C, el polietileno empieza a fundirse. A medida que la temperatura aumenta, otros polímeros, que representan la parte fusible de la materia prima, empiezan a fundirse. Cuando la temperatura alcanza aproximadamente 200-250°C, todos los polímeros se convierten en una sustancia líquida, que llena todos los vacíos en el volumen de materia prima. Al mismo tiempo, toda la materia prima se convierte en una sustancia plástica hermética al aire que se mueve lentamente hacia abajo al espacio interior del tronco del gasificador bajo la presión aplicada por el pistón del mecanismo de carga.

A una temperatura de aproximadamente 198°C (390°F), los coloides minerales realizan una transición a una fase de vapor. Los vapores de agua resultantes pasan a través de la masa viscosa de la materia prima a la zona de secado y, a continuación, junto con los vapores de agua formados en la zona de secado, entran a la cámara de amortiguamiento.

15 En el proceso de los cambios estructurales, que tienen lugar en la zona de secado, toda la materia prima se contrae significativamente y su conductividad térmica aumenta, facilitando de esta manera un calentamiento más rápido de toda la masa de materia prima, incluyendo sus partes interiores. Sin embargo, la parte interior de la materia prima todavía se calienta más lentamente que la parte exterior. Por lo tanto, el límite inferior de la zona de plastificación y su límite superior, adoptan la forma de un cono de forma irregular con un vértice en la parte inferior, tal como se muestra en la Fig. 2.

20 A la temperatura de aproximadamente 248°C (480°F), los gases tales como óxido y dióxido de carbono, así como el alquitrán, empiezan a descargarse desde el lecho de la materia prima. El metano, los gases de hidrocarburo pesados y el hidrógeno empiezan a descargarse a medida que avanza el calentamiento. Dichos gases pasan a través del volumen viscoso de la materia prima a la zona de la pirólisis a baja temperatura. Entonces, dichos gases fluyen al interior de la cámara de amortiguamiento a través de las ranuras de desgasificación del tronco del gasificador.

25 No hay ranuras de desgasificación en el área del tronco del gasificador donde está situada la zona de plastificación durante el funcionamiento del gasificador. La finalidad de esto es evitar que la materia prima sea comprimida e introducida a la cámara de amortiguamiento. Sin embargo, el vapor formado en la parte superior de la zona de plastificación entra a la cámara de amortiguamiento a través de las ranuras de desgasificación de la zona de secado, mientras que los alquitranes y los gases desde la parte inferior de la zona de plastificación entran a la cámara de amortiguamiento a través de las ranuras de desgasificación en la zona de pirólisis a baja temperatura.

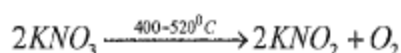
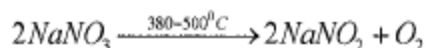
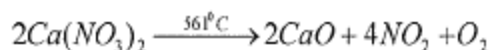
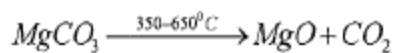
30 Área 1.3, la zona de pirólisis a baja temperatura, con temperaturas comprendidas entre aproximadamente 350°C y aproximadamente 700°C, está situada en la parte inferior calentada del tronco del gasificador. Los siguientes procedimientos tienen lugar en el Área 1.3:

35 Área 1.3,- la zona de pirólisis a baja temperatura, con temperaturas comprendidas entre aproximadamente 350°C y aproximadamente 700°C, está situada en la parte inferior calentada del tronco del gasificador. Los siguientes procedimientos tienen lugar en el Área 1.3:

- cambio del estado agregado de los materiales refractarios con la transición de los mismos al estado plástico;
 - descomposición y destrucción de los compuestos orgánicos con la rotura de los enlaces covalentes en los polímeros y las redes de los compuestos orgánicos;
- 40 – descarga intensiva de gas;
- descarga de sustancias alquitranadas ligeras, solidificación del material plástico y carbonización del mismo, empezando con las capas exteriores;
 - transición de todo el volumen de materia prima al carbono residual; y
 - descomposición de ciertas sales orgánicas.

45 La temperatura de descomposición inicial de la materia prima viene determinada principalmente por las propiedades individuales de la materia prima, aunque, en cierta medida, depende de las condiciones de calentamiento. Cuanto mayor es el contenido de oxígeno unido que está contenido en la materia prima, menor es su temperatura de descomposición inicial.

En las etapas iniciales del calentamiento de la materia prima, los componentes que contienen oxígeno son descargadas primero de la misma, y las sustancias alquitranadas menos oxidadas son descargadas en último lugar. La disponibilidad de una gran cantidad de oxígeno en la materia prima durante su calentamiento conduce a un efecto exotérmico debido a las reacciones oxidativas que tienen lugar. Eso conduce a un calentamiento adicional de la materia prima, que, a su vez, acelera su destrucción. Dicho procedimiento está respaldado por la descomposición de algunas sales inorgánicas, lo que resulta en la formación de óxidos correspondientes, en algunos casos, oxígeno y otras sales, según el calentamiento de la materia prima cargada:



Las reacciones oxidativas facilitan el aumento de la temperatura de la materia prima en esa zona, lo que resulta en la descarga de diversos productos de descomposición, que dependen de la estructura morfológica de la materia prima, principalmente, tal como: vapor, dióxido de carbono, óxido de carbono, ácido acético, alcohol metílico, formaldehído, alquitrán, metano, etano, propileno e hidrógeno y también algunos otros productos de descomposición.

La disponibilidad de materiales poliméricos en la materia prima conduce a un aumento correspondiente del rendimiento de etileno y polipropileno. Al mismo tiempo, los polímeros se descomponen prácticamente por completo sin la formación de carbono residual.

Los procedimientos indicados anteriormente para la destrucción de materia prima y la formación de gas conducen a una reducción significativa de las cantidades de materia prima y la transición de su estructura a una forma de carbono porosa y densa. A medida que continúa el procedimiento de calentamiento, la descarga de sustancias alquitranadas y otros productos, condensables mediante enfriamiento, prácticamente se completa. Aunque la formación de gas continúa, esta continúa con una intensidad menor. Los productos de la descomposición de la materia prima, formados como resultado de la pirólisis a baja temperatura, entran a la cámara de amortiguamiento a través de las ranuras de desgasificación del tronco del gasificador. En la cámara de amortiguamiento, dichos productos se mezclan con el vapor desde la zona de secado y son sometidos a un calentamiento adicional bajo la acción de la radiación térmica desde la pared del recipiente interior del gasificador o desde el contacto directo con el mismo. Los alquitranes y las partículas de carbono residual depositados sobre las paredes de la cámara de amortiguamiento son eliminados por las altas temperaturas exteriores y el vapor, que llega desde la zona de secado superior.

El drenaje de la fracción líquida al centro del tronco y la forma cónica del límite inferior de la zona que se apoya sobre el residuo de carbono sólido reducen la posibilidad de que la masa plástica de la materia prima se extruya o de que se produzca el drenaje de la fracción líquida a través de las ranuras de desgasificación del tronco a la cámara de amortiguamiento.

Zona 2, zona de procesamiento a alta temperatura, con temperaturas comprendidas entre aproximadamente 700°C y aproximadamente 1.300°C, que está caracterizada por una pirólisis a alta temperatura de la materia prima y la gasificación posterior de la misma bajo la exposición del oxígeno del aire y otros oxidantes al gas de gasificación.

Esta zona se divide aproximadamente por intervalos de temperatura en 3 áreas:

- Área 2.1 - zona de pirólisis a alta temperatura. El intervalo de temperaturas aproximado es 700-900°C.
- Área 2.2 - zona de combustión. El intervalo de temperaturas aproximado es de 900-1.300°C.
- Área 2.3 - zona de reformado. El intervalo de temperaturas aproximado es de 800-1.100°C.

Área 2.1, zona de pirólisis a alta temperatura, con temperaturas comprendidas entre aproximadamente 700°C y aproximadamente 900°C. Los siguientes procedimientos tienen lugar en esta zona:

- procedimiento de evolución de gas final;
- conversión de la materia prima residual en una masa sólida de carbono poroso;

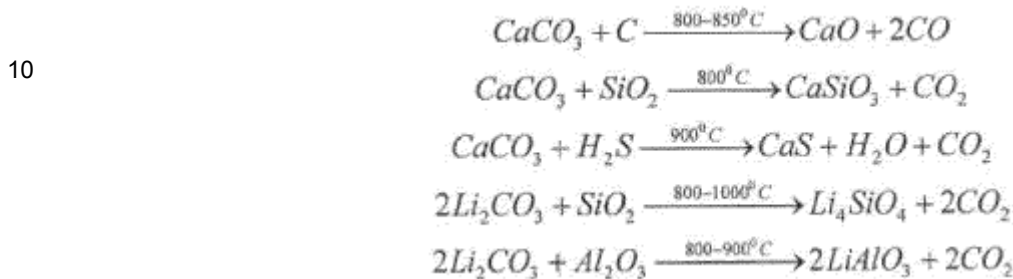
ES 2 690 260 T3

- descomposición y fusión de sales inorgánicas e interacción de las mismas con carbono y componentes minerales de la materia prima.

La destrucción de la masa orgánica del combustible se produce junto con la formación de una pequeña cantidad de metano, hidrógeno, así como trazas de otros gases de hidrocarburos.

- 5 La temperatura de 900-1.100°C es la temperatura más alta a la cual se produce la terminación de la evolución de las sustancias volátiles a partir del carbono residual sólido.

Ciertos carbonatos se funden en esta zona: Na₂CO₃ - 851°C, K₂CO₃ - 891°C, Li₂CO₃ - 618°C, e interactúan químicamente con el carbono y los componentes minerales de la materia prima:



- 15 Notablemente, las concentraciones de CO y CO₂ aumentan en los gases producidos. Además, ciertos cloruros se funden. Por ejemplo: CaCl₂ - 787°C, NaCl - 801°C. Los cloruros y los carbonatos fundidos pueden formar mezclas eutécticas con más sales refractarias, lo que resulta en una disminución de la temperatura de fusión de estas últimas. Este fenómeno tiene un efecto significativo sobre la posterior formación de escoria líquida con una temperatura de fusión reducida.

- 20 Área 2.2, zona de combustión, con temperaturas comprendidas entre aproximadamente 900°C y aproximadamente 1.300°C. Los siguientes procedimientos tienen lugar en esta zona:

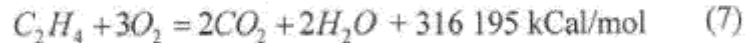
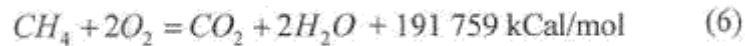
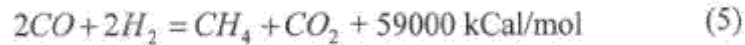
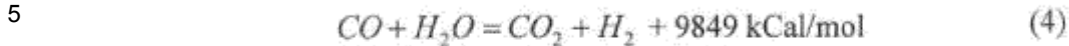
- combustión y destrucción de calor de los gases de pirólisis con procesamiento a baja temperatura de la materia prima;
- combustión de una parte del carbono residual de la materia prima;
- trituración del volumen residual de carbono debido a procedimientos de gas dinámicos, conversión del carbono residual a un estado de lecho "en ebullición";
- separación del carbono residual;
- reformado de los gases de combustión debido a la oxidación del carbono residual;
- procedimientos de oxidación y reacciones de reformado del componente de carbono residual; e
- inicio del procedimiento de formación de escoria residual.

- 30 El área de combustión es la zona de gasificación primaria, donde se produce la descomposición y la oxidación de los productos de pirólisis gaseosa, así como una interacción intensiva del carbono residual, dividido en segmentos y parcialmente triturado bajo la acción de placas divisoras situadas en la parte inferior del tronco del gasificador, junto con oxígeno de aire y otros gases oxidantes. Inicialmente, solo los productos gaseosos son oxidados por el oxígeno del aire y, en un menor grado, su interacción con el dióxido de carbono y el vapor, que se produce durante el procesamiento a baja temperatura de la materia prima o es suministrado al gasificador.

- 35 El factor limitante de los procedimientos de combustión de gas a una temperatura específica es la velocidad de difusión, y para el carbono residual: el área superficial de la fase heterogénea, la velocidad de adsorción de oxígeno y la velocidad de desorción del producto de reacción.

- 40 La zona de combustión se identifica simbólicamente en la zona de gasificación como el Área 2.2, cuya parte inferior contiene la zona de reformado, el Área 2.3. Debido a que los procedimientos de formación de gas en estas zonas son complejos y están interrelacionados, al igual que los procedimientos de formación de escoria líquida, es necesario considerarlos de manera conjunta.

La gasificación puede describirse con reacciones químicas simples (I) - (II), que reflejan los procedimientos complejos que ocurren en la zona de combustión:



15

El procedimiento de combustión tiene lugar en la parte superior de la cámara de combustión bajo exposición al oxígeno del aire, que es suministrado a través de toberas exteriores e interiores que forman placas de toberas, en el interior de las cuales está posicionada la zona de combustión.

20

Para la intensificación del procedimiento de gasificación, el aire es calentado como resultado del enfriamiento de los elementos del gasificador. Además, puede inyectarse vapor y/o dióxido de carbono en la zona de combustión a altas velocidades. El aire inyectado a través de las toberas a alta velocidad (hasta 50 metros por segundo) a través de las toberas intensifica el procedimiento de combustión del carbono residual de la materia prima. Esto permite aumentar las temperaturas en la etapa inicial de la combustión de chorro en la parte de la cámara de combustión que está posicionada en el área de las toberas de aire, hasta aproximadamente 1.500°C, debido a un alto efecto de reacción exotérmica (1) - (3), junto con la combustión de gases y alquitranes con alto contenido calórico (6), (7), (8), formados en la zona de procesamiento a baja temperatura de la materia prima y en el área de pirólisis a alta temperatura, dependiendo de la cantidad de vapor y de dióxido de carbono.

25

30

El oxígeno del aire se consume prácticamente por completo en las reacciones de oxidación de los gases de pirólisis y del carbono residual con la formación, principalmente, de dióxido de carbono y vapor, que más tarde desempeñan el papel principal en el procedimiento de gasificación. Se forman también gases oxidativos. Al interactuar con el carbono residual, estos gases son reducidos principalmente a gases combustibles simples mediante las reacciones (9) - (11).

35

El aumento de la temperatura en la zona de combustión permite intensificar las reacciones de hidrogasificación (9), (10), debido al calentamiento adicional del carbono residual y el vapor, produciéndose ambos como resultado de los procedimientos de oxidación. La temperatura creciente en la zona de combustión causa una intensificación de las velocidades de reacción de hidrogasificación (9), (10) permite el uso de materia prima con un contenido de humedad aumentado sin necesidad de un secado preliminar inicial, o suministrar adicionalmente vapor desde el exterior.

40

De manera similar, con la exposición a las altas temperaturas iniciales, se produce una reacción de gasificación de dióxido de carbono del carbono residual en el chorro (11), lo que permite el uso dióxido de carbono suministrado desde el exterior como un oxidante adicional.

45

Las reacciones (9), (10), (11) se producen principalmente en la segunda etapa del procedimiento de combustión de chorro en la zona de combustión. Estas son reacciones de reformado endotérmico primario. Debido a estas reacciones, la temperatura total en la parte inferior de la zona de combustión se reduce a 900-1.100°C. A continuación, la acción de las reacciones de reformado secundarias (9), (10), (11) se inicia en la zona de reformado del gasificador, conduciendo a la gasificación del carbono residual, no reaccionado en la zona de combustión bajo la exposición al dióxido de carbono residual y al vapor, que a su vez se convierte en gas de gasificación combustible.

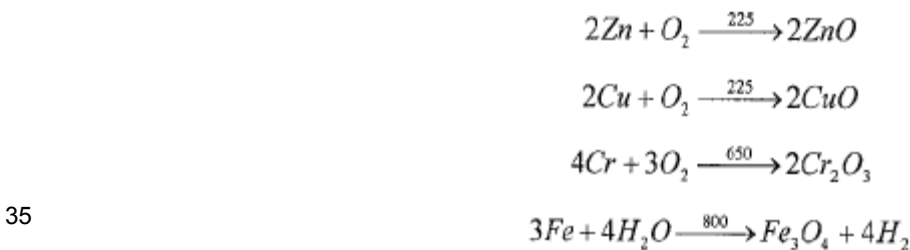
ES 2 690 260 T3

La alta velocidad del aire caliente inyectado a través de numerosas toberas a hasta 50.000 kilogramos por metro cuadrado por hora intensifica la gasificación de la materia prima en el área de la cámara de combustión situada directamente frente a las toberas. Esto, junto con el aumento de la cantidad de aire caliente introducido a la zona de combustión, permite:

- 5
 - cortar, descomponer en partes y aflojar el carbono residual, que procede de la zona de combustión desde el tronco del gasificador como piezas porosas sinterizadas, de gran tamaño;
 - mejorar las propiedades dinámicas del gas en la zona de combustión debido a un intenso efecto de ebullición del carbono residual en el gas, que es un resultado de la gasificación, lo que a su vez permite evitar la formación de áreas de estancamiento local en esta zona;
- 10
 - separar las piezas de carbono residual, donde las partes más grandes y más pesadas de la masa triturada del carbono residual descienden a la zona de gasificación, y las partes más pequeñas son gasificadas en la zona de combustión;
 - aumentar la temperatura no solo en el área donde están situadas las toberas, sino también en toda la zona de combustión, lo que permite intensificar al máximo el procedimiento de gasificación y aumentar el grado de conversión de alquitrán, ácidos y e hidrocarburos complejos en esta zona;
- 15
 - duplicar o triplicar la intensidad total de la gasificación de la materia prima, por ejemplo, aumentando el rendimiento de 500 a 1.500 kilogramos por metro cuadrado por hora a través de toda la sección transversal de la cámara de combustión;
 - producir gases con una composición mejorada debido a su saturación con gases combustibles simples tales como CO y H₂, lo que conduce a un nivel más alto de la reacción de hidrogasificación (9), (10) y gasificación del dióxido de carbono (11) pasante; y
 - disminuir el contenido de lastre en el volumen total del gas producido, donde el lastre está en forma de CO₂, H₂O, O₂ y N₂, como un producto de la gasificación del aire, que a su vez permite usar de manera más eficiente los gases de gasificación producidos para la producción de electricidad y otros propósitos.

25 La parte mineral del carbono residual es modificada también cardinalmente, tanto química como estructuralmente, en la zona de gasificación.

Debido a las altas temperaturas, el procedimiento de descomposición de las sales de la parte mineral del carbono residual que se inició en la zona de pirólisis a baja temperatura se intensifica significativamente en la zona de combustión. Debido a la acción del oxígeno suministrado, es posible una oxidación completa o parcial de algunos metales en la parte de la cámara de combustión que está situada frente a las toberas:



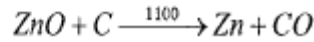
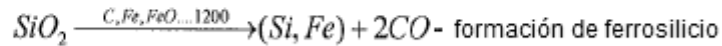
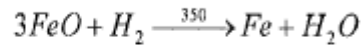
El nitrógeno N y el azufre S se oxidan en los óxidos SO₂ y NO_x en la misma zona. Sus cantidades dependen del contenido inicial de dichos elementos en la materia prima cargada y de la cantidad de oxígeno de aire libre en la cámara de combustión.

40 En la zona de combustión, tienen lugar reacciones de formación de NH₃, H₂S y HCl y otros gases, que son componentes de gases nocivos sometidos a eliminación desde el gas producido.

Posteriormente, en la segunda etapa de la combustión, en el procedimiento de reacciones de reformado primario, cuando el oxígeno es consumido por completo para la oxidación, una parte de los óxidos se reduce a metales y no metales bajo la acción del carbono caliente en combustión:

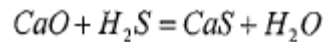
45

ES 2 690 260 T3

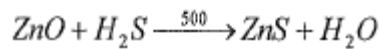


5 Notablemente, SO_2 y NO_x se reducen a elementos simples: S y N_2 , que están unidos adicionalmente con óxidos y metales con la formación de sulfuros y nitruros correspondientes.

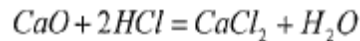
Además, la reacción del dióxido de azufre - SO_2 tiene lugar con la formación de sulfuro de hidrógeno - H_2S , que más tarde forma sulfuros correspondientes mediante interacción con óxidos metálicos.



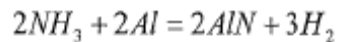
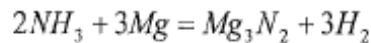
10



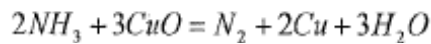
De manera similar, los halógenos se unen con la formación de cloruros y fluoruros de diversos metales.



15 El NH_3 puede reaccionar también con ciertos óxidos y metales puros que se oxidan en nitrógeno o con la formación de nitruros:



20



En presencia de cierta cantidad de vapor no reaccionado en la zona de gasificación, es posible también un procedimiento de corriente descendente, es decir, la hidrólisis de la sal, pero se minimiza debido a la activación del procedimiento de hidrogasificación y a la presencia de grandes cantidades de humedad libre en esta zona.

Todo el procedimiento continúa en la zona de reformado en el Área 2.3.

25 Área 2.3, zona de reformado con temperaturas comprendidas entre aproximadamente $800^\circ C$ y aproximadamente $1.100^\circ C$. Esta zona se caracteriza con:

- el procedimiento de reacciones de reformado secundario;
- la purificación de los gases producidos a partir de componentes peligrosos;
- la finalización del procedimiento de formación de escoria líquida;
- 30 – los procedimientos de formación final de la composición de gas de gasificación producida.

Como resultado de los procedimientos que tienen lugar en las zonas de combustión y de reformado, se forman óxidos de diversos metales que contienen mezclas de carbono y una pequeña cantidad de sales no descompuestas, así como metales puros reducidos de partes minerales de la materia prima. Dependiendo de la composición inicial de la materia prima, puede formarse cierta cantidad de aleaciones de metal, basadas en hierro, cobre y silicio.

35 Expuestas a altas temperaturas, las partes de metales, tales como óxidos, así como también metales puros y sus sales, pueden convertirse a un estado gaseoso. Sin embargo, la mayoría de los metales volátiles y sus compuestos permanecen en un estado sólido o líquido. Esto puede ser explicado por un tiempo insuficiente de permanencia en la zona de alta temperatura o por la formación de otros compuestos menos volátiles, por ejemplo, ciertos sulfuros, silicatos y cloruros.

40 Los sulfuros, los silicatos, así como diversos cloruros formados como resultado de dichas reacciones, participan de manera activa en la formación de escoria residual líquida.

El material básico para la formación de cualquier escoria de silicato es el dióxido de silicio SiO₂. Si no se encuentra en el componente mineral de la materia prima, debe añadirse durante la preparación de la materia prima.

5 Mientras pasan a través del lecho de escoria en formación, los gases producidos en las zonas de combustión y de reformado son purificados parcialmente a partir de los componentes de gases peligrosos, polvo mineral evacuado con los mismos, partículas metálicas sólidas y una parte de metales gaseosos. Por consiguiente, los gases con pequeñas cantidades de mezclas mecánicas, tales como polvo mineral, diversos metales pesados y otros componentes dañinos, entran a la cámara de combustión.

Además, debido al efecto endotérmico de las reacciones de reformado, el gas de gasificación en la salida de la cámara de combustión tiene una temperatura comprendida aproximadamente en el intervalo de 700 - 800°C.

10 Las posibles relaciones de distribución de metales pesados en la escoria, en el polvo transportado en el gas producido y en el gas producido en la terminación del procedimiento de gasificación se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1

Metal	Contenido en gas, %	Contenido en polvo evacuado, %	Contenido en escoria, %
Fe	0,02	0,49	99,49
Cr	0,5	4	95,5
Cu	1	5	94
Sn	4	9	87
Zn	4	22	74
Pb	5	18	77
Sb	5	17	78
Bi	6	19	75
Cd	12	38	50
Hg	72	12	16

15 Sin embargo, las proporciones proporcionadas en la Tabla 1 dependen del nivel de actividad del metal, de su concentración en el carbono residual, así como de la presencia de aditivos minerales en la materia prima, por ejemplo, en forma de caliza, dolomita y/o minerales de hierro base.

20 Típicamente, los desechos domésticos sólidos contienen una cantidad significativa de componentes minerales. Su concentración aumenta a medida que la materia prima entra en la zona de combustión. Esto se explica por el volumen gradualmente decreciente de la materia prima debido a la eliminación de la humedad, los productos gaseosos y los alquitranes desde la misma en la zona de procesamiento a baja temperatura. Por lo tanto, la cantidad de aditivos minerales puede reducirse o pueden no ser necesarios en absoluto.

25 Es importante que la materia prima contenga aditivos fundentes para la escoria líquida. La escoria producida debe ser suficientemente móvil y fusible para garantizar un funcionamiento ininterrumpido del gasificador. La escoria formada debe ser capaz de fluir por los canales, que se forman en el volumen de carbono residual, a la zona de escoria, donde la escoria se enfría con la posterior trituración y eliminación mecánicas. La escoria que es demasiado densa y/o viscosa puede hacer que las zonas de combustión y gasificación sean menos penetrables y, como resultado, puede ralentizar o detener completamente el procedimiento de gasificación. También puede complicar sustancialmente su eliminación del gasificador.

30 Para facilitar el paso y la eliminación de la escoria, pueden usarse aditivos especiales, tales como fundentes. En caso de uso de residuos domésticos sólidos como materia prima, estos aditivos pueden ser mínimos o pueden no ser necesarios en absoluto. Esto es debido a que los componentes minerales de la materia prima participan, unidos químicamente con componentes orgánicos (segundo grupo) y como mezclas mecánicas (primer grupo), en el procedimiento de formación de escoria residual.

Las pequeñas inclusiones mecánicas del primer grupo, distribuidas uniformemente en la parte orgánica de la materia prima, después de las zonas de pirólisis, están ligeramente protegidas por el carbono contra la exposición a altas temperaturas y, de esta manera, son la principal fuente de formación de escoria.

5 Las grandes inclusiones inorgánicas mecánicas del primer grupo después de las zonas de pirólisis están también ligeramente protegidas por el carbono contra la exposición a altas temperaturas. Sin embargo, a pesar de eso, debido a su gran tamaño y peso, pasan rápidamente la zona de combustión y entran a la parte inferior de la zona de reformado. Se cementan con las inclusiones mecánicas finas más fusibles, o se derriten lentamente, capturando cenizas y partículas de escoria.

10 En el procedimiento de pirólisis, después de la eliminación de los componentes volátiles, los compuestos inorgánicos del segundo grupo permanecen en la estructura del carbono residual, y su fusión bajo altas temperaturas tiene lugar solo después de la eliminación del carbono, ya que el carbono protege los componentes inorgánicos, dificultando su calentamiento y su fusión adicional. Estas inclusiones minerales no son la razón del procedimiento de formación de la escoria base, y, normalmente, permanecen en forma sólida.

15 El aumento de las temperaturas en las zonas de combustión y de reformado, así como la disponibilidad de grandes cantidades de componentes minerales de bajo punto de fusión formados como resultado de reacciones de reformado, permite la formación de aleaciones eutécticas con bajas temperaturas de fusión y componentes refractarios. La escoria resultante es una masa de ceniza, de flujo libre, con inclusiones sólidas de carbono, aleaciones refractarias y partículas de naturaleza inorgánica, que pasaron a estado líquido, y partículas grandes, que no se fundieron ni reaccionaron químicamente.

20 En caso de acumulación de escoria sólida en la zona de reformado, cuya formación puede estar relacionada con un contenido de humedad excesivo en la materia prima, grandes cantidades de componentes minerales refractarios en la materia prima o una adición insuficiente de fundentes, es posible una obstrucción total o parcial de esta zona con escoria sólida.

25 Si eso sucede, el carbono residual ejerce presión sobre la masa de escoria, donde el carbono residual es suministrado desde el tronco del gasificador a la cámara de combustión bajo la acción del mecanismo de carga. Eso resulta en una extrusión de escoria desde la zona de la cámara de combustión al espacio de la zona de escoria, donde la escoria es enfriada, triturada y eliminada del gasificador,

Zona 3, Las temperaturas en esta zona están comprendidas entre aproximadamente 300°C y aproximadamente 800°C, y tienen lugar los siguientes procedimientos:

- 30
- enfriamiento de la escoria;
 - trituración mecánica de la escoria;
 - eliminación de la escoria,

35 La escoria se forma como resultado del procesamiento de materia prima en las zonas de combustión y de reformado. Los componentes principales de la escoria son óxidos metálicos y no metálicos: SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, CaO, MgO, Na₂O, K₂O, así como sulfuros, cloruros, fluoruros, inclusiones de aleaciones metálicas y carbono no reaccionado. De esta manera, la escoria es una forma amorfa y cristalina compleja de silicatos de estructuras variables con cierta cantidad de inclusiones mecánicas.

40 La escoria entra a la zona de descarga de escoria como un líquido, en forma de masas sólidas individuales, o, más raramente, en forma de masas de escoria. Ahí, se enfría lentamente bajo una acción indirecta del aire ambiente frío que entra al gasificador. Cuando la escoria llega a la mesa de la placa de metal, se enfría desde abajo por el flujo de aire. La fracción líquida de la escoria se solidifica rápidamente, después de lo cual es cortada por el raspador de escoria giratorio.

45 Girado por el accionamiento mecánico, el borde superior con ranuras del raspador de escoria corta partes de la escoria sólida. La escoria es triturada, descompuesta y eliminada de las áreas periféricas de la mesa, donde están posicionados uno o varios canales de bloqueo. A continuación, la escoria es retirada al transportador a través de los canales de escoria para ser descargada desde el gasificador. Los canales de bloqueo permiten realizar la descarga de escoria, mientras previenen, de manera eficaz, que el aire ambiente entre al gasificador.

Zona 4, zona de gas con temperaturas comprendidas entre aproximadamente 300°C y aproximadamente 800°C. En esta zona, el gas es enfriado desde 700+800°C a 300+400°C.

50 Después de la zona de reformado, el gas de gasificación producido entra a la zona de gas posicionada en el espacio entre los recipientes exterior e interior del gasificador. Al pasar de abajo hacia arriba a través del espacio entre los recipientes

exterior e interior del gasificador, el flujo de gas se enfría a aproximadamente 300÷400°C debido a la emisión de calor en la zona de procesamiento a baja temperatura. Durante esa fase, tiene lugar la "atemperación" del gas, que, en el contexto de la presente solicitud, significa la finalización de la composición del gas.

5 Para acelerar el intercambio de calor, se instala un turbulador en la zona de gas. El turbulador es un dispositivo de túnel de múltiples pasos, con un posicionamiento de canales en espiral. El gas fluye pasando hacia arriba desde el fondo, entra al dispositivo de túnel, donde cambia su dirección mientras se mueve en una trayectoria espiral alrededor del recipiente interior del gasificador. El flujo de gas aumenta a una velocidad lineal y se vuelve turbulento, lo que mejora el intercambio de calor para permitir una transferencia de calor máxima desde los gases de gasificación a la materia prima en la zona de procesamiento a baja temperatura. Aunque el alquitrán está contenido en el gas en una cantidad de 0,3÷0,5 g/nm³, no se deposita alquitrán sobre las paredes o sobre las paletas del turbulador ya que la temperatura de condensación del alquitrán es inferior a 300°C.

15 A continuación, el flujo de gas pasa a través de la salida de gas al separador ciclónico caliente, donde se limpia del carbono fino y de polvo de escoria, que típicamente está contenido en el gas en una cantidad aproximada de 3÷10 g/nm³. A continuación, el carbono fino y el polvo de escoria eliminados de esta manera son eliminados del aparato a través de la exclusión del depósito de recepción y son movidos al transportador para su descarga desde el gasificador.

A continuación, el gas de gasificación es dirigido al sistema de refrigeración y de purificación final, donde tiene lugar su enfriamiento y su purificación de los residuos restantes de inclusiones peligrosas, lo cual es típicamente necesario para hacer que el gas de gasificación sea adecuado para la generación de energía u otros propósitos.

20 A menos que se definan, los términos técnicos y científicos usados en la presente memoria descriptiva tienen significados que deberían ser comprendidos fácilmente por una persona con conocimientos en la materia.

Sin limitar la descripción anterior y las posibles modificaciones que serían evidentes para una persona con conocimientos en la técnica, las siguientes son algunas de las ventajas que pueden asociarse con los procedimientos y con el aparato descritos en la presente memoria:

25 El aire caliente a alta velocidad introducido a través del sistema de toberas exteriores e interiores y que causa por el mismo la intensificación de las reacciones de formación de gas permite aumentar el rendimiento a aproximadamente 1.000-1.500 kg/m²/hora en toda el área de la cámara de combustión. El rendimiento real depende, entre otros factores, de la estructura morfológica y del contenido de humedad de la materia prima.

30 Los gases de gasificación producidos tienen temperaturas relativamente bajas (aproximadamente en el intervalo de 300-400°C), prácticamente no contienen ácidos, la cantidad de alquitranes está comprendida en el intervalo de 0,3-0,5 g/nm³ y la cantidad de carbono fino disperso y polvo de escoria está comprendida en el intervalo de 3-10 g/nm³.

El contenido de óxidos de metales pesados en los gases producidos es relativamente bajo ya que los metales pesados junto con otros componentes peligrosos son transferidos a una forma de silicato inactiva e insoluble en agua y a continuación son eliminados desde el gasificador con escoria.

35 El contenido de los componentes de gases peligrosos, tales como NO₂, NH₃, SO₂, H₂S y HCl, se minimiza. Al mismo tiempo, prácticamente no hay presentes hidrocarburos gaseosos saturados e insaturados complejos, incluyendo dioxinas y furanos, en los gases producidos.

40 Después de ser enfriados y limpiados, los gases de gasificación producidos consisten principalmente en CO, H₂, CH₄, CO₂ y N₂, donde la parte de CO₂ se reduce prácticamente a cero, y el contenido de N₂ se minimiza a los niveles de uso industrial de dicho gas en los aparatos de generación de electricidad accionados por gas-diésel, gas y turbina de gas estándar, cuyo coeficiente de eficiencia es dos veces mayor que el de los aparatos de vapor, que se usan en las tecnologías de pirólisis y de gasificación modernas basadas en procedimientos de gasificación de corriente ascendente.

Sin limitar la generalidad de la presente invención, pueden derivarse los siguientes beneficios mediante la implementación de un aparato según la presente invención:

- 45
- capacidad de uso de residuos domésticos e industriales sólidos y otros tipos de materias primas que contienen carbono;
 - requisitos y gastos reducidos para la preparación de materias primas;
 - no es necesario realizar un secado preliminar de la materia prima;
 - todo el procesamiento de la materia prima (pirólisis y gasificación) puede ser realizado en el mismo aparato;

- el cambio de materia prima y la descarga de escoria se realizan de manera automática;
- es posible suministrar una mezcla de oxígeno-vapor al aparato junto con una mezcla de aire caliente o aire-vapor, que permite producir gases de diversa calidad para diversas aplicaciones; y
- 5 – los sistemas de refrigeración y de purificación/limpieza usan tecnologías simplificadas debido al bajo nivel de contaminantes encontrados en los gases producidos, reduciendo de esta manera los costes de operación y reformando los precios de los equipos.

Los siguientes ejemplos se proporcionan solo para ilustrar la presente invención y no deberían interpretarse como limitativos de su alcance.

Ejemplo 1: Esquema tecnológico de un aparato para la gasificación de lecho bajo presión.

10 Antes de entrar al gasificador, se prepara la materia prima (por ejemplo, residuos domésticos sólidos), donde se extraen cantidades excesivas de componentes inorgánicos, especialmente fracciones grandes desde la materia prima y, a continuación, la materia prima es triturada y descompuesta. Puede añadirse un aditivo especial por medio de dosificadores, dependiendo de la estructura morfológica de la materia prima, tal como caliza, dolomita, minerales de hierro base y también productos de purificación química final del gas de gasificación, tal como, por ejemplo, Na₂S, NaCl, NaOH, FeO, Fe₂O₃ y otros. A continuación, la materia prima pasa en el transportador al depósito del mecanismo de carga y es transportada al aparato de procesamiento.

20 Los gases de gasificación producidos como resultado del procesamiento de la materia prima con la temperatura en la salida del aparato en el intervalo de aproximadamente 300+400°C, pasan a través de la salida aislada térmicamente al separador ciclónico caliente, equipado con una carcasa de aislamiento térmico. En ese separador, los gases de gasificación son limpiados de manera preliminar de las mezclas mecánicas, tales como escoria y cierta cantidad de polvo de carbono,

25 La escoria formada en el gasificador como resultado del procesamiento de la materia prima con temperaturas de aproximadamente 200°C, es suministrada al aparato de descarga de transporte a través de los canales de bloqueo y es dirigida al depósito de almacenamiento, donde se enfría adicionalmente. El polvo de escoria desde el separador caliente es eliminado a través del depósito de almacenamiento y el canal de descarga de bloqueo al aparato de descarga de transporte, donde es mezclado con la escoria desde el gasificador y a continuación es transportado adicionalmente al depósito de almacenamiento.

30 Después de la purificación preliminar de las mezclas mecánicas en el separador, los gases de gasificación son dirigidos al primer intercambiador de calor, son enfriados con agua fría, donde los gases son enfriados a aproximadamente 40°C. Al mismo tiempo, el agua fría, que pasa a través del sistema de tratamiento de agua, es calentada a una temperatura de aproximadamente 60+80°C y es dirigida al segundo intercambiador de calor.

35 El primer intercambiador de calor está equipado con el receptor de condensado, donde el vapor de agua condensado, los alquitranes residuales no reaccionados en el gasificador, la escoria fina dispersada y el polvo de carbono se acumulan junto con otros componentes del gas. Todos los componentes líquidos, viscosos y sólidos condensados, junto con agua condensada, son dirigidos desde el receptor de condensado a través de un dosificador a la materia prima que es suministrada al gasificador o pasa a través del filtro, donde se elimina el exceso de agua de la misma y es dirigida al sistema de purificación de agua. El residuo parcialmente deshidratado es dirigido a la materia prima.

40 Después del primer intercambiador de calor, los gases de gasificación parcialmente purificados y enfriados a la temperatura de 40°C son suministrados al filtro fino, donde los gases son purificados adicionalmente. Pueden usarse virutas de madera y/o serrín como elementos filtrantes para una limpieza más profunda de los gases. Después de ser usados en el filtro, dichos elementos filtrantes pueden ser añadidos a la materia prima. Los gases de gasificación limpios y purificados son dirigidos al filtro de purificación química, donde son purificados de los residuos de componentes gaseosos peligrosos, tales como HCl, H₂S, SO₂ y otros.

45 El elemento filtrante del filtro puede representar una estructura sólida porosa, que consiste en óxidos de hierro Fe₂O₃ y FeO que purifican los gases que pasan a través de los mismos. Los componentes que contienen azufre y que contienen cloro están unidos sobre las superficies de los elementos filtrantes. La limpieza y la regeneración de los elementos filtrantes se realizan mediante pasando cíclicamente la solución de NaOH a través los mismos. La solución alcalina contiene sulfuros y cloruros de sodio Na₂S, NaCl, así como algunos óxidos de hierro disueltos como compuestos complejos de diversas composiciones, tales como Na[Fe(OH)₄], Na₄FeO₃, etc.

50 Tras conseguir la concentración necesaria de estas sustancias en la solución acuosa de NaOH, la solución es reemplazada por la nueva. La solución usada, junto con las partículas del elemento filtrante disuelto en la misma, tal como Fe₂O₃ y otros compuestos, es dirigida a través de un dosificador a la materia prima y es usada como un aditivo.

Después del filtro de purificación química, el gas de gasificación es dirigido al contenedor de gas donde se promedia su composición. A continuación, el gas de gasificación puede ser usado en agregados de gas-diésel, gas o turbina de gas para la generación de energía.

5 Los gases de combustión calientes con temperaturas de aproximadamente 900÷950°C producidos como resultado de la combustión de los gases de gasificación, son suministrados al segundo intercambiador de calor, donde son enfriados a aproximadamente 200÷250°C. Al mismo tiempo, el agua usada para el enfriamiento es calentada a aproximadamente 60÷80°C en el primer intercambiador de calor. Dependiendo de la necesidad y de la construcción del segundo intercambiador de calor, es posible obtener vapor de procedimiento de varios parámetros y agua caliente en la salida para el intercambiador de calor. La parte de vapor puede ser dirigida al gasificador a través de un canal separado como un oxidante adicional.

10 Las variaciones, modificaciones y alteraciones del ejemplo anterior pueden derivarse de la Fig. 3, donde se representa el esquema tecnológico del procedimiento de gasificación en lecho bajo presión.

Ejemplo 2: Características comparativas de las principales técnicas de utilización de los residuos domésticos sólidos.

15 Para probar la eficacia del procedimiento de gasificación en lecho bajo presión con relación a las tecnologías de la técnica anterior, se han realizado cálculos usando modelos aproximados simplificados. De esta manera, los resultados no pueden considerarse reflejos precisos de los procedimientos reales. El objetivo principal de los cálculos era el de obtener datos, en base a los cuales podría realizarse un análisis comparativo de la eficiencia de los esquemas tecnológicos de utilización de residuos domésticos sólidos.

20 El algoritmo expuesto a continuación es una secuencia de etapas para el modelado de la tecnología de gasificación en lecho bajo presión. Para el cálculo de todas las demás tecnologías, pueden usarse los mismos principios, teniendo en cuenta las diferencias entre los esquemas tecnológicos de los procedimientos. Las condiciones iniciales para todas las tecnologías son las mismas: es la composición de la materia prima, su secado y clasificación (para todas las tecnologías se carga la materia prima con 10% de contenido de humedad y 10% de componente inorgánico).

1. Materia prima suministrada al gasificador.

25 1.1. El cálculo se basa en la estructura morfológica promedio de los residuos domésticos sólidos, tal como se presenta en la Tabla siguiente:

Componentes de residuos domésticos sólidos	Contenido, %
Papel de periódico	2,89
Otro papel	23,19
Residuos alimenticios	9,02
Residuos domésticos	3,94
Plástico	16,84
Textil	6,5
Madera	4,94
Goma, cuero	12,68
Vidrio	0
Metales	0
Otros inorgánicos o todos inorgánicos	20
Residuos de construcción	0
Total	100

ES 2 690 260 T3

1.2. Se supone que los datos de referencia acerca de la composición de elementos de cada grupo morfológico son los siguientes:

Elementos	Papel de periódico	Otro papel	Residuos alimenticios	Residuos domésticos	Plástico	Textil	Madera	Goma, cuero	Vidrio	Metales	Otros inorgánicos	Residuos de construcción
C	0,366	0,324	0,179	0,232	0,564	0,372	0,412	0,43				
H	0,047	0,045	0,025	0,03	0,078	0,050	0,050	0,054				
O	0,300	0,299	0,129	0,175	0,08	0,271	0,346	0,116				
N	0,001	0,003	0,011	0,009	0,009	0,031	0,002	0,013				
Cl	0,001	0,006	0,004	0,001	0,03	0,003	0,001	0,05				
S	0,019	0,002	0,001	0,002	0,003	0,003	0,001	0,012				
Contenido de humedad	0,25	0,23	0,6	0,45	0,15	0,25	0,16	0,1				
Nivel de ceniza	0,016	0,091	0,051	0,101	0,086	0,02	0,028	0,225	1	1	1	1
Total	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

5 1.3. En base a los datos acerca de la estructura morfológica y de la composición de los elementos de cada grupo morfológico, se calcula la composición de los elementos de todo el residuo doméstico sólido. En el cálculo posterior, en aras de la simplificación, no debería tenerse en cuenta el contenido de cloro en la materia prima:

Elementos	Contenido, %	Contenido %, sin cloro
C	30,531	30,946
H	4,094	4,149
O	15,946	16,163
N	0,739	0,749
Cl	1,341	
S	0,329	0,334
Contenido de humedad	19,451	19,715
Componente inorgánico	27,569	27,94
Suma	100	100
Parte orgánica	52,981	52,341

1.4. El cálculo de la composición de materia prima se realiza después de la clasificación y del secado. Para todos los cálculos comparativos, se supone que después de la clasificación los compuestos inorgánicos residuales comprenden el 10% de inorgánicos y que el contenido de humedad es del 10% después del secado:

ES 2 690 260 T3

	Inicial		Después de la eliminación parcial de la humedad y los inorgánicos		
	%	peso	%	peso en la materia prima	peso de la humedad y los inorgánicos eliminados
Orgánicos	52,34	800	80	800	
Inorgánicos	27,94	427,054	10	100	327,054
Contenido de humedad	19,72	301,414	10	100	201,414
Total	100	1.528,468		1.000,000	528,468

2. En base al elemento calculado del residuo doméstico sólido, se determinan los coeficientes para la fórmula de la materia prima cargada:

Fórmula de Gross de la materia prima	
Elementos	Coeficientes de los elementos en la fórmula de Gross
C	1
H	1,609
O	0,392
N	0,021
S	0,004
H ₂ O	0,125

5 3. Todos los demás cálculos se realizan por cada 1.000 g de materia prima clasificada y seca, es decir, en este caso, por cada 1.000 g de residuos domésticos sólidos con un 10% de contenido de humedad y un 10% de componentes inorgánicos.

4. Las características cuantitativas del combustible se calculan en base a la fórmula de Gross obtenida: peso del elemento en el combustible, peso molecular, cantidad de sustancia y calor de combustión:

Composición del residuo (seco)		
Componente	%	Peso
C	47,29	472,992
H	6,34	63,416
O	24,7	247,04
N	1,14	11,448
S	0,51	5,104
Inorgánicos	10	100
Contenido de humedad	10	100

ES 2 690 260 T3

Cantidad de sustancia combustible, mol	39,9087
Peso molecular del combustible, g/mol	22,55147374

5. Cálculo del valor calorífico de la materia prima.

5.1. Cálculo de la composición de la cámara de combustión sin componente inorgánico y contenido de humedad:

C	59,124
H	7,927
O	30,88
N	1,431
S	0,638
Total	100
Contenido de humedad	10
Inorgánicos	10

- 5 5.2. En base a la fórmula de Mendeleev ($339C\% + 1256H\% - 109,8(O\% - S\%) = Q$) y la composición del elemento, se calcula el poder calorífico del combustible. Los cálculos para el componente orgánico del combustible, para el combustible clasificado y para el combustible no clasificado se realizan en kJ/kg y también en kJ/mol para el combustible clasificado (este último valor es necesario para el cálculo adicional de los efectos térmicos de la reacción):

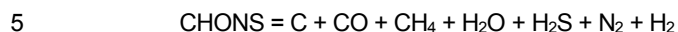
		Contenido de humedad	Inorgánicos	Peso de la materia prima
Calor de combustión del combustible -1, kJ/kg	26.705,99	0	0	800,000
Calor de combustión del combustible -2, kJ/kg	21.364,79	10	10	1.000,000
Calor de combustión del combustible -3, kJ/kg	13.977,92	19,72	27,94	1.528,47
Calor de combustión del combustible, kJ/kg	602,26	0	0	800,000

- 10 5.3. Para un mayor cálculo de los efectos térmicos, se usan los datos de referencia del calor de combustión de los gases base (CO, CH₄, H₂) y carbono (C):

Calores de combustión	kJ/mol
C	406,8
CO	284
CO ₂	0
CH ₄	808
N ₂	0
H ₂	239,9
H ₂ O	0

6. El cálculo se supone que los procedimientos de pirólisis de materia prima cargada y la gasificación de oxígeno (oxidación), la hidrogasificación y la gasificación de dióxido de carbono subsiguientes del carbono formado durante la pirólisis se producen en el reactor en serie.

7. El procedimiento de pirólisis se considera como una reacción modelo:



Los coeficientes para esta ecuación pueden variar, dependiendo de la composición de la materia prima utilizada. Para el cálculo del procedimiento de pirólisis, se usan también los siguientes supuestos condicionales:

- No se forma CO₂ en la etapa de pirólisis o se consume por completo en otras reacciones;
 - No se forman NO, NO₂ y otros óxidos de nitrógeno o se consumen en otras reacciones;
- 10 - El azufre solo forma sulfuro de hidrógeno; sin embargo, bajo las condiciones reales, aproximadamente el 50% de azufre permanece en la escoria residual como sulfuros, y una parte de azufre puede pasar desde el reactor como óxidos de azufre.

7.2. La relación del CO formado y H₂O no puede determinarse con precisión en base a la composición de materia prima. Estos datos pueden obtenerse solo de manera práctica. De esta manera, dichos valores se establecen inicialmente en las condiciones de cálculo, como una relación porcentual de oxígeno que se convierte desde la materia prima a CO y H₂O.

15

7.3. De manera similar, no puede establecerse con precisión la relación de CH₄ y H₂. Para determinar dichos parámetros, se establece una relación porcentual de hidrógeno, donde el hidrógeno se transfiere desde la materia prima inicial a los productos, tal como CH₄, H₂O y H₂S y H₂.

Distribución de oxígeno durante el procedimiento de pirólisis	
oxígeno en H ₂ O, %	10
oxígeno en CO, %	90

Distribución de hidrógeno durante el procedimiento de pirólisis	
hidrógeno en CH ₄ , %	30
hidrógeno en H ₂ O, %	4,87
hidrógeno en H ₂ S, %	0,50
hidrógeno en H ₂ , %	64,63

20

7.4. En base al peso del elemento en la materia prima y a las condiciones establecidas en la distribución de hidrógeno, carbono y oxígeno, se calculan los coeficientes en la ecuación de la reacción de pirólisis:

Coeficientes en la ecuación de pirólisis	
Sustancia	Coeficiente en la ecuación
C	0,527
H ₂	0,520
H ₂ O	0,0392
CO	0,353
H ₂ S	0,00404658
N ₂	0,010372873

CH ₄	0,120666734
suma	

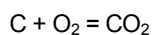
7.5. En base a los coeficientes de reacción calculados, el cálculo del peso del gas y del carbono y de la cantidad obtenida durante el procedimiento de pirólisis:

Sustancia	Cantidad de gas, l	Peso, g (teniendo en cuenta la pérdida de C en la escoria)
C		249,17
H ₂	459,02	40,98
H ₂ O	34,58	27,79
CO	311,27	389,09
H ₂ S	3,57	5,42
N ₂	9,16	11,45
CH ₄	106,54	76,1
Suma	924,14	800

5 8. Oxidación con oxígeno

8.1. Se suministra una determinada cantidad de aire al reactor. Este cálculo determina una cantidad de aire necesaria que debe suministrarse al gasificador para eliminar la energía térmica en el procedimiento de combustión de la parte de materia prima, que es necesaria para mantener el equilibrio térmico del gasificador.

10 8.2. Para simplificar los cálculos, se supone que solo el carbono reacciona con el oxígeno. En el procedimiento real, inicialmente, los gases combustibles, que se forman durante el procedimiento de pirólisis, son quemados, y la parte de carbono es quemada en paralelo con los mismos. se supone También que el procedimiento de combustión se completa y no se forman productos de combustión incompleta:



8.3. El exceso de aire añadido puede ser usado o no en el cálculo.

15 No hay exceso de aire en el caso reflejado en la tabla siguiente:

Suministro de reactivo	
Exceso de oxígeno, partes por volumen	1

8.4. Inicialmente, se introduce un valor opcional de peso y de cantidad de oxígeno consumido, al cual se añade de manera correspondiente nitrógeno del aire, en el cálculo.

Gas	Peso, g	Volumen, l
O ₂ añadido (teniendo en cuenta el exceso, si lo hay)	280,54	196,38
O ₂ necesario en teoría	280,54	196,38
nitrógeno del aire		738,76

aire añadido (teniendo en cuenta el exceso, si lo hay)		935,15
--	--	--------

(Cont.)

Aire, necesario en teoría		935,15
---------------------------	--	--------

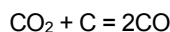
8.5. Se determinan el peso y la cantidad de los productos de gasificación formados en la combustión de la parte de materia prima (carbono, en este caso) y el peso de carbono consumido en ese momento.

- 5 8.6. En base al efecto térmico de la reacción de combustión de carbono, se determina la cantidad total de energía térmica, que se desarrolla en la interacción de todo el oxígeno del aire requerido:

Energía térmica de reacción $C+O_2 = CO_2$, kJ/mol	406,8
Energía térmica de reacción $C+O_2 = CO_2$, kJ/mol	3.566,41

9. Conversión de CO_2 - Gasificación de dióxido de carbono.

- 10 9.1. Una parte del CO_2 formado interactúa con varios componentes sólidos o gaseosos. En aras de la comodidad de cálculo, la conversión de CO_2 se considera según la siguiente reacción:



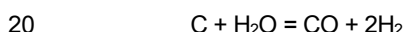
Se introduce un parámetro condicional, que puede determinarse solo en base a los datos empíricos: coeficiente de conversión de CO_2 .

Conversión de CO_2 en el procedimiento de gasificación	
grado de conversión	0,5

- 15 9.2. Usando el coeficiente de conversión en el cálculo, se calcula una cantidad de CO_2 y carbono en reacción, y la cantidad de CO formado.

10. Hidrogasificación.

10.1. La interacción del vapor tiene lugar hipotéticamente con el carbono restante después de la combustión y la conversión de CO_2 :



Esta es la reacción principal. En el procedimiento real, se forman muchos otros productos después de la hidrogasificación, pero su cantidad y efectos son insignificantes.

- 25 10.2. Se consideran los siguientes tipos de agua: primero, la humedad contenida en la materia prima; segundo, vapor o agua añadidos; tercero, agua formada en el procedimiento de pirólisis. En ciertos casos, el contenido de humedad inicial en la materia prima puede ser suficiente o puede exceder la cantidad necesaria.

Suministro de reactivo	
exceso de agua o vapor suministrado, partes en peso	1

En este caso, se realiza un cálculo de la cantidad de agua que es necesario añadir.

Gas	peso, g	volumen, l
exceso de vapor + vapor, que se añade para una interacción del 100%	9,25	11,51
vapor, que se añade para una interacción del 100%	9,25	11,51

toda el agua de reacción	137,04	170,54
--------------------------	--------	--------

(Cont.)

toda el agua de reacción + exceso	137,04
contenido de humedad excesivo, materia prima	0

11. Gases producidos en la salida del gasificador.

- 5 11.1. Se calculan la composición de los gases producidos en la salida del gasificador, el peso, la cantidad, el contenido calórico y el equivalente de metano de los mismos. El cálculo se basa en la composición de los gases de pirólisis producidos. Resumiendo estos datos, se calculan los gases de gasificación en la salida del reactor.

Composición del gas de salida				
Gas	Volumen	Peso	% en vol.	% en vol., gas seco
H ₂	629,56	56,21	27,81	27,81
CO	678,19	847,74	29,96	29,96
CO ₂	98,19	192,87	4,34	4,34
H ₂ S	3,57	5,42	0,16	0,16
H ₂ O	0	0	0	
N ₂	747,92	934,91	33,04	33,04
CH ₄	106,54	76,1	4,71	4,70
Suma	2.263,98	2.113,247238	100	100
Contenido calórico	8.473,03	kJ/m ³		
equivalente de metano	0,24	m ³ de metano/1 m ³ de gas		
equivalente de metano	0,53	m ³ de metano/1 kg SHW secado de manera preliminar		

12. Pérdidas de energía.

- 10 En este caso, se consideran las siguientes pérdidas de energía: 1) efectos de reacción endotérmica; 2) pérdida de calor relacionada con la eliminación de escoria; 3) pérdidas debidas al diseño del gasificador; 4) pérdidas asociadas con los gases calientes producidos por el gasificador; 5) pérdidas asociadas con la generación de vapor desde el agua que no reacciona.

- 15 12.1 Se usan los datos de referencia de los efectos de reacción térmica acerca del calor de combustión de las sustancias individuales y se realizan parcialmente los cálculos de los efectos de la reacción térmica:

- energía térmica de reacción de la pirólisis de materia prima; 2) $C + H_2O = CO + H_2$; 3) $C + CO_2 = 2CO$;

Efectos térmicos de reacción	
energía térmica de la reacción de pirólisis del carbono residual kJ/mol	5,39
energía térmica de la reacción $C+H_2O = CO+H_2$, kJ/mol	-117,1
energía térmica de la reacción $C+CO_2 = 2CO$, kJ/mol	-161,2

12.2. En base a los efectos de la reacción térmica calculados y a la cantidad conocida de la sustancia reaccionante, se calcula una cantidad de energía térmica, que se absorbe o evoluciona durante estas reacciones. Después de eso, se calcula una cantidad resumida (total) de energía térmica para todas las reacciones. En este caso, se observa la absorción de una gran cantidad de energía térmica.

5

energía térmica debida a la pirólisis, kJ	212,55
energía térmica de la reacción $C+H_2O = CO+H_2$, kJ	-891,52
energía térmica de la reacción $C+CO_2 = 2CO$, kJ	-706,62
energía térmica total de las reacciones, kJ	-1.385,55

12.3. Pérdida térmica asociada con la eliminación de escoria.

En base a la capacidad calorífica calculada, a una estructura morfológica promedio de la escoria y a la cantidad conocida y a la temperatura de la misma, se realiza el cálculo de la pérdida de calor asociada con la eliminación de escoria desde el gasificador.

10

Calentamiento de la materia prima inorgánica	
capacidad calorífica promedio, J/g*K	0,76
temperatura en el gasificador, °C	1.100
peso de la parte inorgánica, introducida al reactor, g	100
Q2: consumos para el calentamiento de la materia prima inorgánica, kJ	-104,58

12.4. Pérdidas asociadas con el diseño del gasificador.

La pérdida de calor a través de la estructura del recipiente del gasificador depende de muchos factores y es extremadamente compleja para un cálculo detallado y preciso. En este caso, se supone que estas pérdidas comprenden un 5% con relación a la cantidad de energía total introducida al reactor.

15

Perdida por diseño, %	5
Q3: pérdida por construcción, kJ	-1.068,24

12.5. Energía térmica extraída del reactor junto con los gases de gasificación.

Para cada composición de gas, se calcula la capacidad calorífica en base a los coeficientes de referencia conocidos. Usando las cantidades de gas calculadas y la temperatura del mismo en la salida desde el gasificador, se determina una cantidad de energía térmica eliminada en su enfriamiento a 25°C.

20

Calor de los gases de gasificación	
temperatura de los gases de gasificación, °C	350
capacidad calorífica del gas a 600°C	1,36
capacidad calorífica del gas a 25°C	1,29
energía térmica, que evoluciona con los gases, kJ	-1.008,0

12.6. En el caso de entrada de exceso de humedad al gasificador, es también necesario tener en cuenta el consumo de energía para la formación de vapor a partir de dicha humedad.

No hay exceso de agua en este ejemplo.

Formación de vapor de humedad excesiva o agua no reaccionada	
peso de agua excesiva, kg	0
capacidad calorífica del agua, kJ/kg ³ K	4,18
efecto térmico de la entrada de fase, kJ/mol	43,8
consumo de energía para el calentamiento del agua desde 25°C a 100°C, kJ	0
consumos para la formación de vapor, kJ	0
Q5: consumo total para la obtención de vapor, kJ	0

12.7. Se resumen todas las pérdidas de calor del gasificador.

Pérdidas totales (excluyendo los efectos térmicos de las reacciones), kJ	-2.180,82
Pérdidas totales (junto con los efectos endotérmicos de las reacciones), kJ	-3.566

5

13. Compensación de la pérdida de energía.

La compensación se realiza debido a la energía térmica desarrollada durante la combustión de carbono (véase el punto 8.6). De esta manera, es necesario suministrar al reactor una cantidad de aire para la cual la cantidad de energía desarrollada corresponde a la cantidad de pérdidas de energía. Inicialmente, se supone una cantidad opcional de suministro de aire (véase el punto 8.4). Después del cálculo de las pérdidas totales de energía, es posible determinar la igualdad de la energía desarrollada después de la combustión y la pérdida total de energía mediante un procedimiento de prueba y error con el cambio de la cantidad de aire suministrado. De esta manera, puede calcularse la cantidad requerida de aire adicional.

10

14. Se realiza un cálculo de la cantidad de energía térmica recuperada de los gases de gasificación teniendo en cuenta que, después de la recuperación, los gases se enfrían a 40°C y las pérdidas debidas a la transferencia de calor son del 10%.

15

temperatura del gas de gasificación evacuado, °C	350
Temperatura a la que se enfrían los gases, °C	40
capacidad calorífica del gas a 600°C	1,36
capacidad calorífica del gas a 40°C	1,30
coeficiente de transferencia de calor en la recuperación, %	90
Qp2: calor recuperado, kJ	866,86

15. Generación de energía eléctrica.

En los cálculos comparativos se consideran dos opciones para la generación de electricidad a partir de los gases de gasificación:

20

- 1) El uso de un aparato accionado por gas, con un factor de eficiencia del 38,7%;
- 2) El uso de una turbina de vapor, con un factor de eficiencia del 20%.

Los parámetros de los gases producidos permiten considerar la posibilidad de generar energía eléctrica usando el aparato accionado por gas.

ES 2 690 260 T3

factor de eficiencia, %	38,7
cantidad de energía térmica obtenida a partir de los gases, MJ	19,18
cantidad de energía térmica obtenida a partir de los gases, MWt hora	5,33
cantidad de energía eléctrica obtenida, kWt hora	2,062

16. La recuperación de la energía térmica de los gases de combustión después del aparato accionado por gas.

En este cálculo, se supone que de la energía total de los gases de gasificación:

- 5 -El 38,7% se convierte en energía eléctrica;
- El 41,3% se convierte en energía térmica recuperada como agua caliente de salida o vapor de procedimiento;
- El 20% son la pérdida asociadas al diseño del reactor y las pérdidas asociadas con la descarga de gases de combustión a la atmósfera (en este cálculo, la temperatura de los gases que salen desde el intercambiador de calor es de 250°C).

cantidad total de energía térmica, contenida en todo el gas, kJ	19.182,74
energía térmica después de la obtención de energía eléctrica, kJ	7.922,47
pérdida en la recuperación del calor de los gases de combustión, %	20
pérdida en la recuperación del calor de los gases de combustión, kJ	3.836,55
energía recuperada del calor obtenido, kJ	4.085,92

17. Cálculo del balance de peso.

- 10 El peso de entrada es la suma de los pesos de (a) la materia prima que se está cargando, (b) el aire suministrado, y (c) el agua o el vapor suministrados adicionalmente. El peso de salida consiste en el peso de los gases de gasificación producidos y el peso de la escoria.

balance de peso	
2.213,25	peso de entrada
2.213,25	peso de salida, g
100	
0	error, %

18. Balance de energía

- 15 La energía de entrada es el calor de combustión de la materia prima cargada en el gasificador. La energía de salida es la suma del calor de combustión de todos los gases de gasificación producidos y todas las pérdidas de calor del reactor (es decir, el calor de los gases de gasificación, las pérdidas del aparato, la energía térmica eliminada junto con la escoria, etc.).

Balance de energía						
	Materia prima de entrada	Gases producidos	Pérdida de energía	Suma de la energía obtenida	diferencia de energía de entrada y salida	Error, %
kJ	21.364,79	19.182,74329	2.180,824299	21.363,56	1,227	0,0057468

20 La tabla siguiente ilustra ciertas ventajas de la tecnología de la presente invención en comparación con las tecnologías conocidas y usadas anteriormente.

		Incineradores	Cámaras de pirólisis a baja temperatura (a 700°C)	Cámaras de pirólisis a alta temperatura (más de 700°C)	Gasificadores con procedimiento de gasificación de corriente ascendente (gasificación a alta temperatura, 1.000-1.300°C)	Tecnologías contenidas (pirólisis a alta temperatura seguida por la gasificación del carbono residual en la gasificación)	Procedimiento de gasificación de corriente descendente	
Gas	volumen, l	4894	467	610	1680	722	2264	
	composición, %	CO		8,91	24,64	21,61	26,64	29,96
		CO ₂	11,8	16,49	2,11	5,7	2,28	4,34
		H ₂		16,21	40,08	8,38	26,32	27,81
		CH ₄		32,72	11,48	10,56	20,56	4,71
		H ₂ S				0,21		0,16
		N ₂	72,86	1,16	0,89	36,3	0,97	33,04
		O ₂	1,76					
H ₂ O	13,58	24,51	20,8	17,22	23,22	0		
Residuo sólido	peso, g	200	240	96	200	136		
	composición, %	C	66	66	66	66	66	
		H	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	
		O	25	25	25	25	25	
		N	1	1	1	1	1	
		S	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
residuo de escoria y carbono	peso, g	83,5	114,77	303,35	73	59,5	100	
	composición, %	C		19,48	66,55			
		H		1,97	0,93			
		O		4,89	2,21			
		N		0,71	0,31			
		S		3,47	1,49			
Inorgánicas	100	69,48	28,52	100	100	100		
residuo fino dispersado, asociado con gases	peso, g	45	135	45	90	135		
	composición, %	C	70	85	70	70	70	
		Inorgánicas	30	15	30	30	30	
NOx		alto	medio	medio	bajo	bajo	bajo	
H ₂ S, SO ₂		alto	alto	alto	alto	medio	bajo	
HCl		alto	medio	alto	alto	alto	bajo	
Nivel de sistema de purificación de gas		alto	alto	alto	alto	alto	bajo	
Oxidante usado		aire	no	no	aire, vapor	aire, vapor	aire, vapor	
nivel para la preparación de residuos domésticos e industriales	Clasificación	si	si	si	si	si	si	
	Secado	parcial	parcial	parcial	parcial	parcial	parcial	
Tipos de aparatos de energía usados		turbina de vapor	turbina de vapor	turbina de vapor	turbina de vapor	turbina de vapor	máquina accionada por gas	
Factor de eficiencia, %		20	20	20	20	20	38,7	
Cantidad de energía eléctrica obtenida, kWh/hora		0,312	0,34	0,35	0,63	0,491	2,06	
Cantidad de energía térmica producida, kJ		3372	3777	4793	6758	6586	7922	
Nivel de efecto sobre el entorno		alto	medio	medio	medio	bajo	bajo	

Aunque la descripción anterior establece los principios de la presente invención, con los ejemplos proporcionados solo con propósitos ilustrativos, debería observarse que el uso de la presente invención incluye todas las variaciones, adaptaciones y/o modificaciones habituales, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, así como sus equivalentes.

- 5 Las personas con conocimientos en la materia apreciarán, a partir de lo indicado anteriormente, que pueden configurarse diversas adaptaciones y modificaciones de las realizaciones recién descritas sin apartarse del alcance y del espíritu de la invención. Por lo tanto, debe entenderse que, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, la invención puede llevarse a la práctica de una manera distinta a la descrita específicamente en la presente memoria.

REIVINDICACIONES

1. Aparato de gasificación de corriente descendente que comprende:

un recipiente (1) exterior alargado, que tiene un extremo superior y un extremo inferior,

un recipiente (2) interior alargado, que tiene un extremo superior y un extremo inferior,

5 en el que dicho recipiente (2) interior está situado en el interior de dicho recipiente (1) exterior alargado, formando de esta manera un espacio entre dicho recipiente (2) interior alargado y dicho recipiente (1) exterior alargado,

10 un tronco (8) de gasificador estacionario con una superficie interior, una superficie exterior, un espacio interior, un extremo superior y un extremo inferior, en el que dicho tronco (8) de gasificador está situado en el interior de dicho recipiente (2) interior alargado,

15 un mecanismo (7) de carga que comprende un tronco (4) de mecanismo de carga alargado y un alimentador de materia prima capaz de mover dicha materia prima a lo largo de dicho tronco (4) de mecanismo de carga alargado, en el que dicho mecanismo (7) de carga está posicionado de manera que permita la alimentación de dicha materia prima a dicho extremo superior de dicho tronco (8) de gasificador, a lo largo de todo el espacio interior de dicho tronco (8) de gasificador y hacia abajo hacia la cámara (3) de combustión;

una cámara (3) situada en el extremo inferior del recipiente (2) interior alargado,

una salida (13) de gas, y

un mecanismo (5) de descarga de escoria.

20 2. Aparato según la reivindicación 1, en el que dicho tronco (8) de gasificador está caracterizado por un eje y comprende además un extremo superior, un extremo inferior y una pluralidad de ranuras situadas a lo largo de dicho tronco (8) de gasificador, en el que cada una de dicha pluralidad de ranuras está caracterizada por un extremo de ranura superior y un extremo de ranura inferior.

25 3. Aparato según la reivindicación 2, en el que dicho tronco de gasificador está caracterizado además por una sección transversal de dicho extremo inferior perpendicular a dicho eje y una sección transversal de dicho extremo superior perpendicular a dicho eje, en el que dicha sección transversal de dicho extremo inferior es mayor que dicha sección transversal de dicho extremo superior.

4. Aparato según la reivindicación 3, en el que cada ranura en dicha pluralidad de ranuras está posicionada a lo largo de la longitud de dicho tronco de gasificador.

30 5. Aparato según la reivindicación 4, en el que al menos una de dicha pluralidad de ranuras está caracterizada por una anchura en dicho extremo de ranura inferior que es mayor que un ancho en dicho extremo de ranura superior.

6. Aparato según la reivindicación 5, en el que se forma una cámara (37) de amortiguamiento entre dicho tronco (8) de gasificador y un recipiente (2) interior alargado.

7. Aparato según la reivindicación 6, en el que dicha cámara (37) de amortiguamiento está configurada para canalizar los gases desde dicha materia prima a dicha cámara (3) de combustión.

35 8. Aparato según la reivindicación 7, que comprende, además

al menos un nervio de rigidez situado sobre dicha superficie exterior de dicho tronco (8) de gasificador entre ranuras adyacentes de dicha pluralidad de ranuras, en el que dicho al menos un nervio de rigidez está posicionado sustancialmente a lo largo de dicho tronco de gasificador;

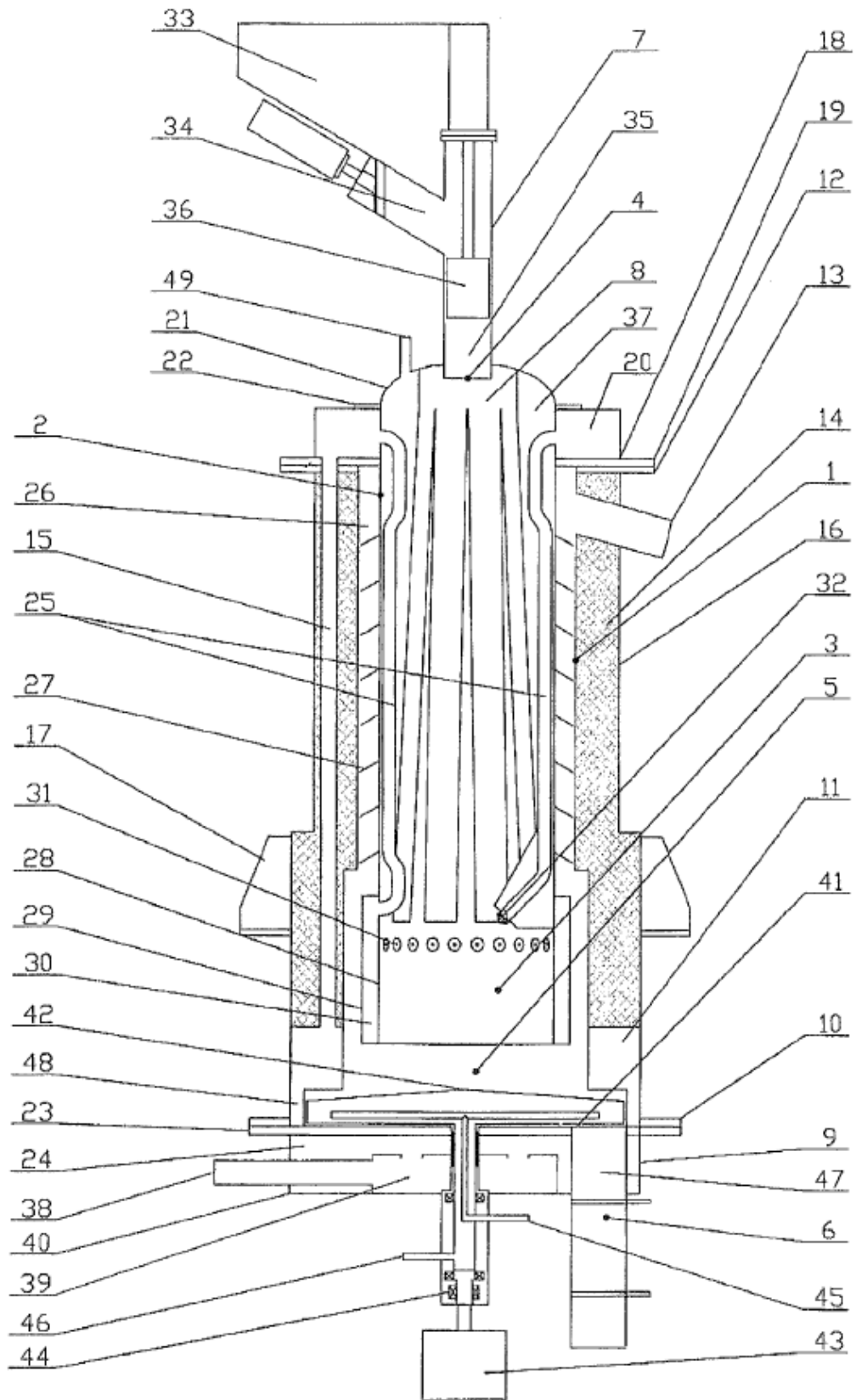
40 al menos un triturador de materia prima situado sobre dicha superficie interior de dicho tronco (8) de gasificador inmediatamente por encima de dicha cámara (3) de combustión;

al menos una estructura de rigidez posicionada sobre dicha superficie exterior de dicho tronco de gasificador de manera que contrarreste la presión desde dicha materia prima a medida que se mueve en el interior de dicho tronco (8) de gasificador.

45 9. Aparato según la reivindicación 1, en el que dicho mecanismo (5) de descarga de escoria comprende además un raspador (42) de escoria, un sistema de refrigeración por aire y un sistema de refrigeración por agua.

10. Aparato según la reivindicación 1, que comprende además un turbulador (27) de gas situado entre dicho recipiente (1) exterior alargado y dicho recipiente (2) interior alargado.
11. Aparato según la reivindicación 1, en el que dicho alimentador de materia prima es un pistón.
- 5 12. Procedimiento de gasificación de corriente descendente que usa el aparato según la reivindicación 1 y que comprende las etapas de
- proporcionar un tronco de mecanismo de carga,
 - proporcionar una zona de secado
 - proporcionar una zona de plastificación
 - proporcionar una zona de pirólisis
 - 10 proporcionar una zona de combustión
 - proporcionar una zona de reformado
 - proporcionar una zona de descarga de escoria
 - suministrar materia prima,
 - 15 forzar dicha materia prima a través de dicho tronco de mecanismo de carga, así como a través de cada una de dicha zona de secado, dicha zona de pirólisis, dicha zona de combustión, dicha zona de reformado y dicha zona de descarga de escoria con un mecanismo de carga que comprende un tronco de mecanismo de carga alargado y un alimentador de materia prima,
 - causar que dicha materia prima sea forzada a través de dicho tronco de mecanismo de carga para formar un tapón que separa de manera sustancialmente hermética dicha zona de secado, dicha zona de plastificación, dicha zona de pirólisis, dicha zona de combustión, dicha zona de reformado y dicha zona de descarga de escoria de la atmósfera;
 - 20 causar la formación y la separación de vapor desde dicha materia prima en dicha zona de secado,
 - causar la formación de gases de pirólisis en dicha zona de pirólisis,
 - separar sustancialmente la totalidad de dichos gases de pirólisis desde dicha materia prima en dicha zona de pirólisis, causan de esta manera la separación de residuo de carbono carbonizado; y
 - 25 formar gases de gasificación;
13. Procedimiento según la reivindicación 12, que comprende además las etapas de
- causar que dichos gases de pirólisis separados y dicho vapor formen una mezcla;
 - causar que dicha mezcla se mueva a dicha zona de combustión,
 - 30 quemar dicha mezcla en dicha zona de combustión,
 - quemar una parte de dicho residuo de carbono carbonizado en dicha zona de combustión, y
 - usar una parte restante de dicho residuo carbonizado para reacciones de reformado en dicha zona de reformado.
14. Procedimiento según la reivindicación 13, que comprende además una etapa de suministrar aire a dicha zona de combustión.
- 35 15. Procedimiento según la reivindicación 13, que comprende además una etapa de suministrar una mezcla de oxígeno y vapor a dicha zona de combustión.
16. Procedimiento según la reivindicación 14, en el que dicho aire es calentado a al menos 37,778°C.
- 40 17. Procedimiento según la reivindicación 14, en el que dicho aire es suministrado a una velocidad que no supera los 60 metros por segundo.

18. Procedimiento según la reivindicación 12, que comprende además una etapa de causar que sustancialmente todos los hidrocarburos contenidos en dichos gases de pirólisis se conviertan en hidrógeno y monóxido de carbono mientras se mueven a través de dicha zona de combustión y dicha zona de reformado.
- 5 19. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que dicha materia prima comprende componentes minerales que causan que dichos gases de gasificación experimenten una purificación a medida que se mueven a través de dicha zona de combustión y dicha zona de reformado.
20. Procedimiento según la reivindicación 12, que comprende además una etapa de añadir a dicha materia prima al menos un sorbente.
- 10 21. Procedimiento según la reivindicación 20, en el que dicho al menos un sorbente es un metal, óxido, sal u hidrato de óxido.
22. Procedimiento según la reivindicación 12, que comprende además una etapa de añadir a dicha materia prima al menos un fundente.
23. Procedimiento según la reivindicación 20, en el que dicho al menos un fundente es un metal, óxido, sal, hidrato de óxido, sulfuro o cloruro.
- 15 24. Procedimiento según la reivindicación 12, que comprende además una etapa de adición de dióxido de silicio a dicha materia prima.
25. Procedimiento según la reivindicación 12, que comprende además una etapa de suministrar vapor a dicha zona de combustión.
- 20 26. Procedimiento según la reivindicación 12, que comprende además una etapa de suministrar dióxido de carbono a dicha zona de combustión.
27. Procedimiento según la reivindicación 12, que comprende además una etapa de causar que dichos gases de gasificación se muevan alrededor de al menos una de entre dicha zona de reformado, dicha zona de combustión, dicha zona de pirólisis, dicha zona de plastificación y dicha zona de secado, reduciendo de esta manera la temperatura de dichos gases de gasificación.
- 25



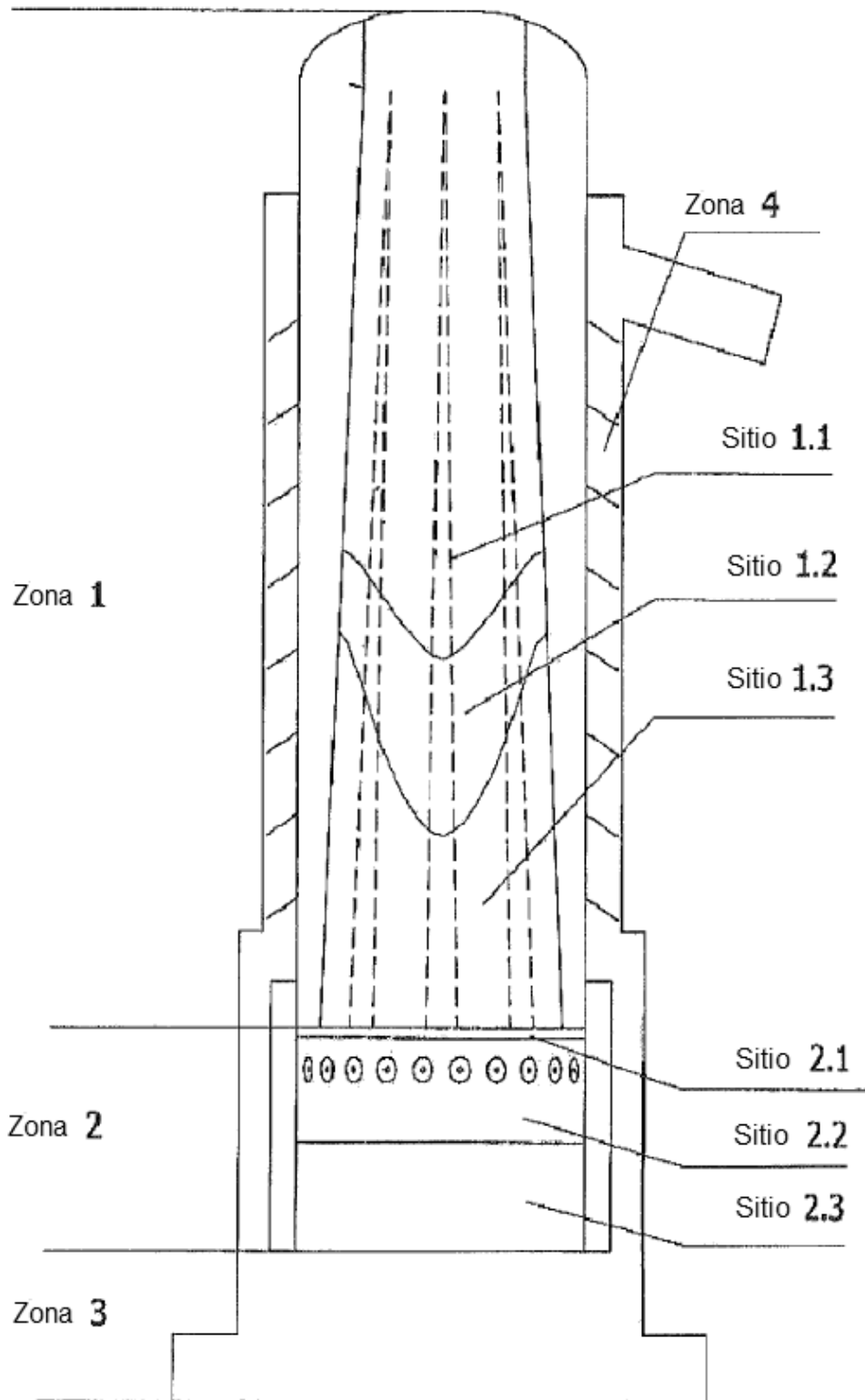


Fig. 2

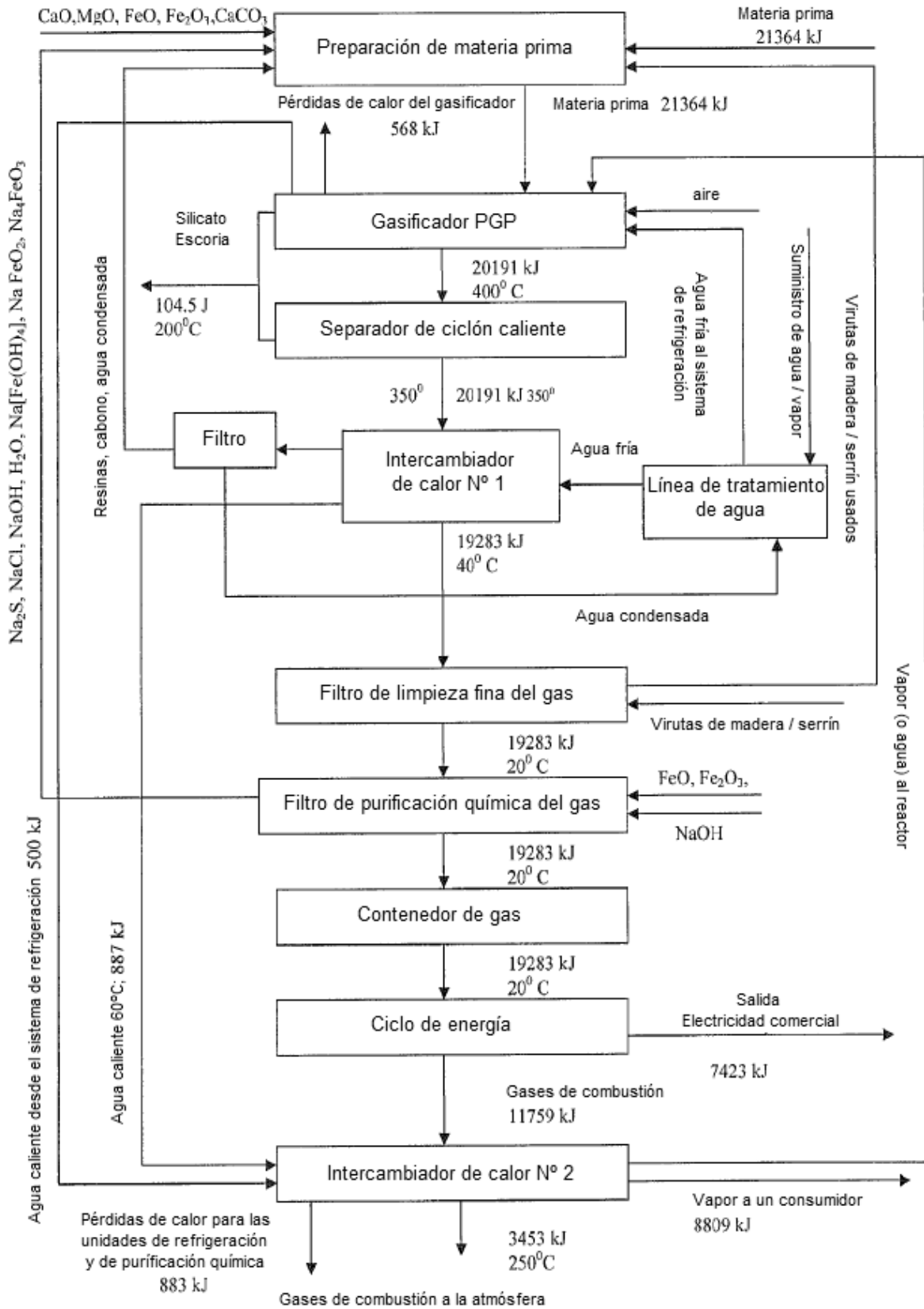


Fig. 3