

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 449 567**

51 Int. Cl.:

B09B 3/00 (2006.01)
C03B 5/00 (2006.01)
C03B 5/02 (2006.01)
C03B 5/027 (2006.01)
C10J 3/08 (2006.01)
C10J 3/26 (2006.01)
C10J 3/72 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2006 E 06774325 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2013 EP 2025073**

54 Título: **Sistema combinado de gasificación y vitrificación**

30 Prioridad:

12.05.2006 US 432826

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

20.03.2014

73 Titular/es:

**INENTEC LLC (100.0%)
595 SW BLUFF DRIVE, SUITE B
BEND, OR 97702, US**

72 Inventor/es:

**SURMA, JEFFREY E. y
BATDORF, JAMES A.**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 449 567 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

Sistema combinado de gasificación y vitrificación

5 Campo técnico

La presente invención se refiere generalmente a un método y un aparato para procesar materias primas que contienen materiales orgánicos. Más específicamente, la presente invención se refiere a un sistema integrado de vitrificación y gasificación de oxidación parcial, que proporciona un método mejorado y un aparato para recuperar valor energético a partir de dichas materias primas al tiempo que da lugar a las partes inorgánicas de forma segura y apta para uso.

Antecedentes de la invención

15 A mediados de 1800, la biomasa, principalmente biomasa de madera, proporcionaba más de un 90 % de las necesidades energéticas y de combustible en Estados Unidos. Posteriormente, el uso de la energía de biomasa comenzó a disminuir a medida que los combustibles fósiles se convirtieron en recursos energéticos preferidos. Actualmente, los mercados energéticos mundiales están basados en combustibles fósiles, carbón, aceite crudo de petróleo y gas natural como fuentes de energía. Debido a que se requieren varios millones de años para formar los combustibles fósiles en la tierra, sus reservas son finitas y se encuentran sometidas a agotamiento a medida que se consumen. La única fuente de carbono conocida diferente que contiene energía de origen natural que se puede usar de manera suficiente como sustitutivo de los combustibles fósiles es la biomasa. La biomasa se define en la presente memoria como materiales orgánicos no fósiles que tienen un contenido energético químico intrínseco. Incluye toda la vegetación y árboles acuáticos y terrestres, o biomasa virgen, así como también toda la biomasa residual tal como residuos sólidos municipales (MSW), biosólidos municipales (depuración de aguas residuales) y residuos animales (estiércol), residuos de agricultura y silvicultura, y determinados tipos de residuos industriales. Se entiende que los residuos actuales consisten en una mezcla de materiales procedente de los combustibles fósiles y materiales orgánicos no fósiles.

30 A diferencia de los combustibles fósiles, la biomasa es renovable en el sentido de que únicamente se requiere un corto período de tiempo para sustituir la que se usa como recurso energético. Algunos analistas actualmente piensan que el fin de la Era de los Combustibles Fósiles está a la vista debido a que se espera que el agotamiento de las reservas comience antes de mediados del siglo XXI, probablemente en primer lugar con el gas natural. Se espera que esta eventualidad y el impacto negativo del uso de combustibles fósiles sobre el medio ambiente sean las fuerzas que accionen la estimulación de la transformación de biomasa en uno de los recursos energéticos dominantes.

En circunstancias comunes, la biomasa virgen se recoge para alimentación animal, alimentación humana, fibras y materiales de construcción o se deja en áreas de desarrollo donde tiene lugar la descomposición de forma natural. La biomasa en descomposición o los productos residuales procedentes de la recolección y procesado de biomasa, tanto si se eliminan como si se dejan sobre el terreno, se pueden recuperar parcialmente en teoría después de un largo período de tiempo en forma de combustibles fósiles. Alternativamente, la biomasa virgen, y cualquier biomasa residual que proviene del procesado o consumo de biomasa virgen, se puede transformar en energía, combustibles o sustancias químicas. Las tecnologías para dicha conversión incluyen una variedad de procesos térmicos y termoquímicos, gasificación, licuefacción y conversión microbiana de biomasa en combustibles gaseosos y líquidos por medio de métodos de fermentación. Muchos de estos procesos son apropiados para la conversión directa de biomasa o la conversión de intermedios. Los combustibles sintéticos producidos por medio de estos métodos son idénticos a los que se obtienen a partir de materias primas fósiles, o si no son idénticos, al menos son apropiados como sustitutos de combustibles fósiles.

50 Un ejemplo de tecnología de conversión de biomasa son técnicas en las cuales se gasifica la biomasa por medio de oxidación parcial para dar lugar a un gas combustible de bajo valor calorífico, o gas de síntesis, que posteriormente se puede usar como materia prima en procesos de síntesis química, o como fuente de energía, por ejemplo, para el accionamiento de un motor de combustión interna, una turbina de gas o una pila de combustible con el fin de generar energía eléctrica. Dichos esquemas están basados en la exposición de las materias primas orgánicas a calor y una cantidad limitada de oxígeno en gasificadores configurados de forma especial para llevar a cabo la oxidación de los materiales orgánicos, produciendo de este modo un gas efluente que consiste principalmente en hidrógeno y monóxido de carbono. Actualmente, cientos de compañías en todo el mundo ofrecen dichos sistemas para la producción de dicho gas combustible. Es importante notar que dichos métodos son eficaces a la hora de convertir virtualmente todas las materias primas orgánicas, incluyendo biomasa, materiales orgánicos basados en fósiles, y sus derivados, incluyendo residuos procedentes de la producción y uso de biomasa y materiales orgánicos basados en fósiles, en energía eléctrica.

65 Además de la producción de gas de síntesis a través de la oxidación parcial en gasificadores, el gas de síntesis también se ha producido usando sistemas que convierten agua y materiales orgánicos en gas de síntesis en una reacción de reformado de vapor. Ejemplos de dichos sistemas incluyen los descritos en Production of Technological

Gas for Synthesis of Ammonia and Methanol from Hydrocarbon Gases, Chemistry, A. G. Leibsysh, Moscú, 1971. Este artículo describe la conversión de metano por medio de vapor sin catalizador a una variedad de temperaturas diferentes y diferentes proporciones de $\text{H}_2\text{O}:\text{CH}_4$. Este artículo, cuyos contenidos completos se incorporan por referencia en la presente memoria, muestra la producción de gas de síntesis tanto en experimentos de planta piloto como en resultados de laboratorio obtenidos en un reactor de cuarzo. La tendencia general hacia la conversión completa de las materias primas orgánicas en gas de síntesis con un tiempo de residencia creciente y temperatura se muestra tanto en la presentación gráfica como en tablas de los datos experimentales observados. Se presentó el trabajo experimental relacionado en Estados Unidos en "Synthesis Gas Production from Organic Wastes by Pyrolysis/Steam Preforming" Energy from Biomass and Wastes: Actualización de 1978, por Dr. Michael J. Antal., Jr., cuyos contenidos completos se incorporan por referencia. En este trabajo, se logra la gasificación de vapor de biomasa como proceso de dos etapas. A temperatura relativamente baja (300° a 500°C) se piroliza la biomasa, produciendo un materia volátil y alquitranes. A temperaturas bastante más elevadas (-600°C) posteriormente se hace reaccionar la materia volátil con vapor para producir un gas de síntesis rico en hidrocarburos. El Handbook of Thermodynamic Temperature Process Data, de A. L. Suris, 1985, cuyos contenidos completos se incorporan por referencia en la presente memoria, muestra los productos teóricos de la descomposición sin combustión de metano con agua ($\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$) por medio de temperaturas crecientes. A 1000°C , la destrucción de metano es mayor de un 99 %, y a 1400°C la destrucción de metano es mayor de un 99,99 %.

Al tiempo que estos y otros sistemas de gasificación han mostrado una amplia variedad de beneficios, todavía están presentes varios inconvenientes en su operación. Por ejemplo, estos tipos de sistemas normalmente no se adaptan bien al procesado de materias primas heterogéneas, que se definen en la presente memoria como materias primas que contienen mezclas de materiales orgánicos e inorgánicos. En muchos casos, los constituyentes orgánicos de las materias primas pueden afectar negativamente al procesado de la parte orgánica, dando como resultado menos que la conversión completa, o tasas de procesado reducidas. De igual forma, se pueden dejar los constituyentes inorgánicos en forma de escoria altamente concentrada, lo que les convierte en altamente solubles en el medio ambiente, en particular en aguas subterráneas, y por tanto en potencialmente peligrosos para el medio ambiente y/o se requiere un tratamiento costoso para estabilizar estos constituyentes antes de la eliminación final. Incluso cuando se opera con materias primas homogéneas, normalmente los sistemas de gasificación presentan inconvenientes. Por ejemplo, un compromiso común en la operación de un sistema de gasificación existe entre el hecho de disponer de un producto de gas limpio y la minimización del producto orgánico residual que se debe desechar. Normalmente, no se forma un gas de elevada calidad si la materia prima orgánica se gasifica por completo. En lugar de ello, varios aceites, alquitranes y otros componentes no deseados se encuentran presentes en el gas. Alternativamente, se puede formar un gas de alta calidad, pero únicamente disponiendo de una gasificación menos completa de las materias primas. Esto da como resultado un producto residual de material orgánico parcialmente oxidado que se debe eliminar, con frecuencia con coste elevado.

El deseo de destrucción de las corrientes residuales orgánicas peligrosas ha conducido a su uso como materia prima para los sistema de reformado de vapor. Por ejemplo, la patente de Estados Unidos 4.874.587 de Terry R. Galloway, cuyos contenidos completos se incorporan en la presente memoria por referencia, describe un sistema donde en primer lugar se volatilizan los líquidos orgánicos para dar lugar a una forma gaseosa. Posteriormente, se mezclan los líquidos volatilizados con una cantidad de agua en exceso de estequiometría en forma de vapor. Esta mezcla de gas orgánico se introduce posteriormente en una primera zona de reacción que se mantiene a una temperatura entre 200° y 1400°C . Dentro de esta primera zona de reacción, el vapor y la mezcla de gas orgánico se dirigen posteriormente a través de una "trayectoria de laberinto" que presenta "superficies adsorbentes desde el punto de vista orgánico" hasta la mezcla gaseosa. Dentro de esta primera zona de reacción, la trayectoria de laberinto y las superficie adsorbentes están "seleccionadas para proporcionar la temperatura suficiente, mezcla turbulenta y tiempo de residencia en la primera zona de reacción para que sustancialmente todos los compuestos orgánicos gaseosos reaccionen con el agua". "Sustancialmente todos" los compuestos orgánicos gaseosos se define como más de un 99 % y preferentemente más de un 99,99 % que reacciona. Posteriormente, se hace pasar la mezcla gaseosa al interior de una segunda zona de reacción que tiene un intervalo de temperatura mayor que la primera y entre aproximadamente 750° y 820°C . Como sucede en el caso de la primera zona de reacción, en la segunda zona de reacción, se controla la cantidad de agua de manera que sea igual o mayor que la cantidad estequiométrica. La memoria descriptiva afirma que " la temperatura elevada de la segunda zona de reacción, junto con la baja cantidad de compuestos orgánicos que penetran en la segunda de reacción, garantizan que tiene lugar la reacción total y completa de los compuestos orgánicos hasta un nivel de un 99,99 % y normalmente mucho mayor". Se proporciona el calentamiento de las zonas de reacción primera y segunda por medio de una pluralidad de bucles de horquilla con forma de U alargada de elementos de calentamiento de resistencia eléctrica ubicados en el interior de la segunda zona de reacción.

Los sistemas como los que describe Galloway pretenden proporcionar un doble beneficio; la destrucción de materiales orgánicos peligrosos y la creación de un gas de síntesis útil. Similarmente, los sistemas de destrucción de residuos como los que describe Galloway pretenden abordar las cuestiones relacionadas con la producción de los denominados productos de combustión incompleta, o PCIs, tales como hidrofuranos y dioxinas. Con el fin de evitar los PCIs, se pueden operar estos tipos de sistemas en entornos reductores en los cuales no se favorecen las condiciones de producción de PCIs. En estos sistemas, se debe proporcionar la energía necesaria para llevar a cabo las reacciones endotérmicas de reformado de vapor a partir de una fuente externa a la reacción. Debido a que el

consumo de energía de estas fuentes externas compensa el beneficio económico del gas de síntesis producido, la eficacia de suministro de esta energía es, de manera invariable, una condición importante en el diseño de estos sistemas. Por este motivo, la volatilización de la materia prima con una primera fuente de calentamiento, antes del reformado de vapor del gas resultante con una segunda fuente de calentamiento, como se describe tanto en el sistema de Antal como en el sistema de Galloway, impone una penalización económica significativa a estos sistemas.

El interés se ha dirigido al uso de plasmas en los sistemas de reformado de vapor. Por ejemplo, se describe un proceso similar al sistema Galloway en Hydrogen Production by the Hüls Plasma-Reforming Process, G. Kaske, et al., Advanced Hydrogen Energy, vol. 5, (1986), cuyos contenidos completos se incorporan por referencia en la presente referencia. En el sistema de Kaske, se usa un plasma para reformar "hidrocarburos gaseosos que se someten a reformado con agentes oxidantes gaseosos, tales como vapor o dióxido de carbono". Los sistemas descritos por Kaske presentan de este modo muchos inconvenientes que se encuentran en los sistemas de Galloway, en particular, las limitaciones que surgen debido al enfoque sobre los gases orgánicos volatilizados de reformado de vapor, al contrario que las materias primas sólidas o líquidas.

Los plasmas son gases ionizados a temperatura elevada, que proporcionan una transferencia de calor rápida y eficaz. La capacidad de los plasmas para transferir calor de forma rápida a las materias primas orgánicas entrantes permite que el plasma pirolíce de forma simultánea las materias primas orgánicas y proporciona la energía térmica para llevar a cabo las reacciones endotérmicas de reformado de vapor de las materias primas orgánicas pirolizadas. Este beneficio doble se ha desplegado con gran éxito en los sistemas que utilizan plasmas que incluyen los descritos en la patente de Estados Unidos 5.666.981, titulada "Arc Plasma-Melter Electro Conversion System for Waste Treatment and Resource Recovery" de Titus et al., y cuyos contenidos completos se incorporan por referencia en la presente referencia, y que muestra una variedad de configuraciones particulares en las cuales los electrodos de arco que producen el plasma se usan en sistemas en varias combinaciones con electrodos de joule. En estas configuraciones, los compuestos orgánicos presentes en el residuo se destruyen por medio de pirolisis, provocadas por las elevadas temperaturas del plasma que rompe los enlaces químicos de las moléculas orgánicas. Introduciendo la corriente de vapor en la cámara del proceso, estos constituyentes orgánicos pirolizados se convierten en gas de síntesis, un combustible de combustión limpia que consiste principalmente en CO, CO₂ y H₂, a través de la reacción de reformado de vapor. Se produce la fusión de otros constituyentes del residuo, que son capaces de soportar las elevadas temperaturas sin experimentar volatilización, enfriándose posteriormente para formar un cristal estable. Por medio del control exhaustivo del proceso de vitrificación, se puede hacer que el vidrio vitrificado resultante exhiba una estabilidad grande frente al ataque ambiental y de sustancias químicas, con elevada resistencia al lixiviado de los componentes peligrosos unidos en el interior del cristal. De este modo, se puede utilizar la vitrificación para convertir materiales residuales en gas de síntesis de elevada calidad y un cristal estable e inerte desde el punto de vista ambiental. En el documento US 5.847.353 se divulga un sistema que comprende una unidad de vitrificación/gasificación.

Aunque los sistemas que utilizan plasma presentan ventajas significativas con respecto a los sistemas de reformado de vapor, todavía existe la necesidad de minimizar el consumo de energía y el coste de inversión de estos sistemas para aumentar su atractivo económico. En particular, la energía requerida para llevar a cabo un cambio de fase con el fin de formar el vapor inyectado en estos sistemas puede aumentar los costes de operación de estos sistemas de forma significativa. De este modo, existe la necesidad de métodos más eficaces y mejores para producir gas de síntesis a partir de materias primas orgánicas y heterogéneas.

Sumario de la invención

Por consiguiente, la presente invención es un método mejorado para procesar materias primas orgánicas y heterogéneas. Es un objetivo de la presente invención proporcionar un sistema que sea capaz de tratar mezclas de materiales inorgánicos, biomasa, y materiales orgánicos basados en fósiles y sus derivados, incluyendo residuos derivados de la producción y uso de dichos materiales orgánicos basados en fósiles, y convertirlos en un gas combustible limpio y un vidrio estable desde el punto de vista ambiental. Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método y un aparato para procesar materias primas orgánicas y/o heterogéneas proporcionando una unidad de gasificación que convierta la totalidad o una parte de los componentes orgánicos de un residuo en un gas rico en hidrógeno y una escoria, en combinación con una unidad de vitrificación caliente de joule que convierta los materiales inorgánicos y la escoria formada en la unidad de gasificación en vidrio, y un plasma que convierta el carbono y los productos de gasificación incompleta formados en la unidad de gasificación en un gas rico en hidrógeno. El vidrio resultante se puede usar como producto útil, tal como material de construcción, agregado para carreteras o similar. De la manera más importante, la presente invención lleva a cabo eso de una manera que soluciona los compromisos asociados a los sistemas de gasificación tradicionales, y proporciona estos beneficios en un sistema compacto que minimiza tanto el coste de inversión como la energía necesaria para hacer funcionar el sistema.

La presente invención logra estos y otros objetivos por medio de un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, y un método de acuerdo con la reivindicación 6. En primer lugar se introducen las mezclas orgánicas o heterogéneas de materias primas orgánicas e inorgánicas en el interior de la unidad de gasificación donde tiene lugar la gasificación

de todo o parte de la fracción orgánica de la materia prima. Para contribuir a la gasificación, es preferible mezclar los materiales con oxígeno en la unidad de gasificación. Por tanto, es preferible que la unidad de gasificación tenga uno o más puertos oxidantes, para la introducción de un oxidante. Oxidantes apropiados incluyen, pero sin limitarse a, oxígeno puro, definido como oxígeno de una pureza entre un 90 y un 99 %, aire, dióxido de carbono, aire enriquecido con oxígeno, vapor y sus combinaciones.

Dentro del sistema de gasificación con oxidación parcial, se gasifica toda, o preferentemente solo una parte, de la fracción orgánica de la materia prima. De este modo, el efluente procedente de este proceso de gasificación incluye una parte gaseosa, principalmente formada por dióxido de carbono, hidrógeno y gases hidrocarburos ligeros, junto con una parte sólida o líquida, que incluye materiales orgánicos que no han reaccionado o que han reaccionado de forma parcial tales como alquitrán de carbono, junto con la parte inorgánica de la materia prima, que también puede incluir escoria procedente del proceso de gasificación.

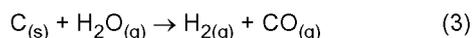
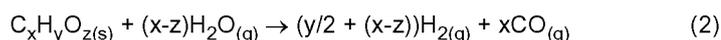
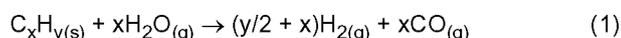
Posteriormente, se introduce el efluente directamente desde el sistema de gasificación en el interior de una cámara de reacción de plasma caliente para pirolizar y gasificar los materiales orgánicos sólidos y líquidos restantes, y para permitir el tiempo de residencia suficiente para la formación y conversión de la escoria y otras partes inorgánicas restantes de la materia prima en un vidrio vitrificado y estable.

Normalmente, la materia prima utilizada en la presente invención está en forma de sólido, líquido, suspensión o una de sus mezclas. Como se lleva a la práctica en la presente invención, en primer lugar se introduce una materia prima en el interior de una unidad de gasificación. Posteriormente, se alimenta el efluente en una unidad de vitrificación caliente de joule en la cual se piroliza parte o la totalidad de la fracción orgánica restante de la materia prima, por medio de exposición de la materia prima a un plasma. Aunque es preferible que el plasma se forme por medio de electrodos de plasma, también se puede usar una antorcha de plasma, que incluye, pero sin limitarse a, una antorcha de vapor.

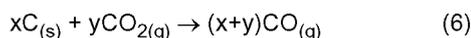
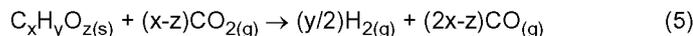
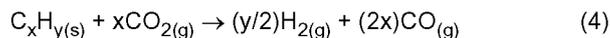
El espacio de distribución del interior de la unidad de vitrificación caliente de joule se puede mantener como un entorno reductor por medio de la eliminación o prevención de la entrada de oxígeno o aire ambiente adicional y manteniendo la sobrepresión de un gas inerte tal como nitrógeno. Alternativamente, puede tener lugar cualquier oxidación parcial adicional en el espacio de distribución de la unidad de vitrificación caliente de joule por medio de la introducción de oxígeno adicional. Tanto si se produce la operación en un ambiente reductor como si es en modo de oxidación parcial, se puede añadir vapor o dióxido de carbono a la unidad de vitrificación caliente de joule en forma de oxidante adicional.

Normalmente, la gasificación por plasma de la parte que no ha reaccionado de la fracción orgánica de la materia prima se logra por medio de un proceso de dos etapas. En primer lugar, se gasifica el material por medio de plasma en la unidad de vitrificación caliente de joule para dar lugar a sus elementos, principalmente carbono, hidrógeno y monóxido de carbono, debido al intenso calor procedente del plasma. En segundo lugar, cualquier alquitrán de carbono formado reacciona con el vapor, dióxido de carbono u oxígeno libre para producir hidrógeno adicional y monóxido de carbono. Por medio del uso de oxígeno ligado en el vapor o dióxido de carbono como oxidante en lugar de aire, la atmósfera de la unidad de vitrificación caliente de joule puede permanecer altamente reductora.

Si se usa vapor para gasificar material carbonáceo, como en los sistemas de gasificación convencionales, hidrógeno y monóxido de carbono son los productos principales que abandonan la cámara del proceso. Estos gases se forman por medio de las siguientes reacciones:



En la presente invención, si se sustituye dióxido de carbono (CO₂) por agua en las reacciones 1 y 3, de forma parcial o completa, también se produce una mezcla de monóxido de carbono e hidrógeno de acuerdo con el siguiente conjunto de reacciones:



5 Si está presente un exceso de vapor, las reacciones 1 a 3 trascurren de manera adicional para dar lugar a hidrógeno adicional y dióxido de carbono. Como resultará evidente para los expertos en la técnica, además de vapor, el dióxido de carbono usado en la presente invención se complementará fácilmente con oxígeno elemental introducido de forma pura o como aire para oxidar parcialmente la materia prima orgánica.

10 Las temperaturas generadas dentro del plasma en la unidad de vitrificación caliente de joule normalmente varían entre 3.500 °C y 10.000 °C. Las temperaturas del espacio de distribución circundante son bastante menores. Aunque cualquier dispositivo de generación de plasma, incluyendo pero sin limitarse a un sistema de arco de plasma y una antorcha de plasma, es apropiado para la presente invención, se prefieren los sistemas de plasma que utilizan electrodos de grafito. Junto con el plasma, se utiliza un sistema de calentamiento de joule para proporcionar un calentamiento intenso, incluso volumétrico al baño de vidrio que se forma a partir de las partes inorgánicas de la materia prima en la cámara de reacción de plasma caliente de joule.

15 Cualquier material que no ha reaccionado que abandona la unidad de vitrificación caliente de joule se puede procesar de manera adicional en una cámara de residencia térmica. La cámara de residencia térmica mantiene el efluente de la unidad de vitrificación caliente de joule durante un tiempo y a una temperatura apropiada para completar las reacciones necesarias para convertir los materiales carbonáceos restantes en monóxido de carbono.

20 La presente invención además incluye un dispositivo de control de retroalimentación para controlar el flujo de oxígeno, vapor, dióxido de carbono, y sus combinaciones a través del(de los) puerto(s) de inyección oxidante(s) para optimizar la conversión de dicho(s) componente(s) orgánico(s) con el fin de dar lugar a un gas rico en hidrógeno. Se usan sensores instalados en la unidad de gasificación, la unidad de vitrificación caliente de joule, y la cámara de residencia térmica para medir la temperatura, la composición del gas, los caudales y similares. Como se reconocerá por parte de los expertos ordinarios en la técnica, dichos sensores que incluyen, pero sin limitarse a, termopares, rotómetros, caudalímetros, sensores para oxígeno, sensores para hidrógeno, sensores para monóxido de carbono y similares, se conocen bien y se usan de forma rutinaria para controlar los procesos industriales y químicos. Controlando el flujo, la temperatura y la calidad de las materias primas, oxidantes, y efluente gaseoso, se puede controlar automáticamente el proceso ajustando varios parámetros con un dispositivo de control de retroalimentación.

35 Por ejemplo, y sin pretensión alguna de ser limitante, es típico que la oxidación completa en la unidad de gasificación genere un efluente gaseoso con elevados niveles de constituyentes no deseados, tales como alquitranes. El dispositivo de control de retroalimentación estaría configurado para reconocer que está teniendo lugar la combustión completa en la unidad de gasificación por medio de la medición de una combinación de parámetros usados para operar la unidad de gasificación. Por ejemplo, y sin pretensión alguna de ser limitante, la medición de los gases efluentes, los caudales de la materia prima, y los caudales del oxidante, el dispositivo de control de retroalimentación podría determinar que está teniendo lugar la combustión completa en la unidad de gasificación. Habiendo reconocido una operación no deseada, el dispositivo de control de retroalimentación podría entonces aumentar los caudales para uno o ambos oxidantes de la materia prima, evitando de este modo la combustión completa en la unidad de gasificación.

45 La unidad de gasificación está configurada como gasificador en corriente descendente, que comprende medios para transportar material orgánico hacia abajo de la longitud axial del gasificador en corriente descendente. De este modo, se puede aumentar o disminuir el caudal de materia prima a través del gasificador. Medios apropiados para transportar material orgánico hacia abajo de la longitud axial del gasificador en corriente descendente incluyen, pero sin limitarse a, un tornillo de Arquímedes, un rastrillo, una rejilla en agitación, uno o más tambores rotatorios, un pistón y sus combinaciones.

50 **Breve descripción de los dibujos**

La siguiente descripción detallada de la realización de la invención se comprenderá mejor cuando se toma junto con el siguiente dibujo, donde:

55

La Figura 1 es una ilustración esquemática del aparato de la presente invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

5 Con el fin de favorecer la comprensión de los principios de la invención, la Figura 1 proporciona una ilustración esquemática del aparato de la presente invención configurado con una unidad de gasificación en corriente descendente y una fuente de electrodo de plasma. Aunque se prefiere esta configuración particular, la presente invención no debería limitarse, en modo alguno, a esta configuración, y debería comprenderse que esta configuración se selecciona únicamente con fines ilustrativos.

10 Como se muestra en la Figura 1, se alimentan los materiales orgánicos en el interior de una unidad de gasificación 1. Se introducen los oxidantes, incluyendo pero sin limitarse a, oxígeno, vapor, dióxido de carbono, aire, aire enriquecido con oxígeno, y sus combinaciones, en el interior de un puerto de inyección de oxidante 2. Posteriormente, se opera la unidad de gasificación 1 como gasificador normal en corriente descendente. Un medio para el transporte del material orgánico hacia abajo de la longitud axial del gasificador en corriente descendente se muestra de manera esquemática como la caja 3. Se puede usar cualquier medio mecánico apropiado para mover el material sólido incluyendo, sin limitación, un tornillo de Arquímedes, un rastrillo, una rejilla en agitación, uno o más tambores rotatorios, un pistón y sus combinaciones.

15 Preferentemente, los materiales orgánicos se gasifican de forma parcial en la unidad de gasificación 1, dando como resultado un gas rico en hidrógeno, materiales orgánicos parcialmente oxidados, y escoria, que posteriormente se transfieren a la unidad 4 de vitrificación caliente de joule. Se crea un plasma 5 por medio de electrodos de plasma 6, y los materiales orgánicos de la unidad de gasificación 1 quedan expuestos de forma inmediata al plasma 5 una vez que se ha producido la entrada en la unidad 4 de vitrificación caliente de joule. Los materiales inorgánicos presentes en las materias primas heterogéneas quedan incorporados al baño de vidrio 7, que generalmente se mantiene en estado fundido por medio de electrodos 8 de calentamiento de joule. Finalmente, se convierten cualesquiera materiales orgánicos que no han reaccionado en un gas combustible rico en hidrógeno en la cámara 9 de residencia térmica, manteniendo los materiales durante un tiempo y a una temperatura suficiente para completar las reacciones necesarias. Un dispositivo 10 de control de retroalimentación controla y vigila variables tales como los caudales de material, temperatura y calidad de gas, con el fin de garantizar el procesado completo del residuo para dar lugar al vidrio y al gas combustible rico en hidrógeno.

20 Aunque se ha mostrado y descrito una realización preferida de la presente invención, resultará evidente para los expertos en la técnica que se pueden llevar a cabo muchos cambios y modificaciones sin que ello suponga apartarse del alcance la invención en sus aspectos más amplios.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de procesado de gasificación/vitrificación que comprende:

5 una unidad de vitrificación (4), comprendiendo la unidad de vitrificación un dispositivo (6) de generación de plasma y un sistema (8) de calentamiento de joule, siendo la unidad de vitrificación apropiada para convertir carbono elemental y productos de combustión incompleta en un gas rico en hidrógeno, y para convertir escoria en vidrio,

caracterizándose la el sistema de procesado de gasificación/vitrificación por comprender además:

10 una unidad de gasificación (1) apropiada para convertir materiales orgánicos en una composición que comprende una mezcla de un gas rico en hidrógeno, materiales orgánicos parcialmente oxidados, materiales orgánicos parcialmente gasificados y escoria, estando dispuesta la unidad de gasificación para permitir la alimentación directa de dicha composición en dicha unidad de vitrificación (4), donde dicha unidad de vitrificación (1) es una unidad de gasificación en corriente descendente, que comprende medios mecánicos (3) para transportar dichos materiales orgánicos hacia abajo de la longitud axial de dicha unidad de gasificación.

20 2. El sistema de procesado de gasificación/vitrificación de la reivindicación 1, que además comprende una cámara (9) de residencia térmica, estando dispuesta dicha cámara de residencia térmica para recibir un efluente procedente de dicha unidad (4) de vitrificación, y siendo apropiada para mantener dicho efluente durante un tiempo y a una temperatura para completar la conversión de dichos materiales orgánicos parcialmente oxidados y materiales orgánicos parcialmente gasificados para dar lugar a un gas rico en hidrógeno.

25 3. El sistema de procesado de gasificación/vitrificación de la reivindicación 1 o 2, donde dicha unidad de vitrificación (4) comprende además un estímulo de plasma, preferentemente donde el estímulo de plasma se genera a partir de una fuente de plasma seleccionada entre una antorcha de plasma y un electrodo de plasma.

30 4. El sistema de procesado de gasificación/vitrificación de la reivindicación 3, donde dicha antorcha de plasma es una antorcha de vapor.

35 5. El sistema de procesado de gasificación/vitrificación de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde dicha unidad de gasificación (1) además comprende un puerto (2) apropiado para inyectar un oxidante, comprendiendo de manera adicional el sistema de procesado de gasificación/vitrificación un dispositivo (10) de control de retroalimentación, siendo apropiado dicho dispositivo de control de retroalimentación para controlar y vigilar el flujo, la temperatura y la calidad de las materias primas, oxidantes y efluente gaseoso por medio del uso de sensores equipados en dicha unidad de gasificación (1), dicha unidad de vitrificación (4) y, si estuviera presente, en dicha cámara (9) de residencia térmica.

40 6. Un método para procesar materiales orgánicos para producir un gas rico en hidrógeno y un vidrio sólido, comprendiendo el método:

45 - proporcionar una unidad de gasificación (1) y una unidad de vitrificación (4), comprendiendo dicha unidad de vitrificación un dispositivo (6) de generación de plasma y un sistema (8) de calentamiento de joule,

- introducir dicho materiales orgánicos en el interior de dicha unidad de gasificación (1),

- en dicha unidad de gasificación (1), oxidar parcialmente dichos materiales orgánicos para convertirlos en una composición que comprende una mezcla de gas rico en hidrógeno, materiales orgánicos parcialmente oxidados, materiales orgánicos parcialmente gasificados y escoria, constituyendo dicha composición un efluente de dicha unidad de gasificación (1),

50 - alimentar dicho efluente en dicha unidad de vitrificación (4),

- en dicha unidad de vitrificación (4),

- exponer dicho efluente a un plasma (5) generado por medio de dicho dispositivo (6) de generación de plasma convirtiendo de este modo al menos una parte de dichos materiales orgánicos parcialmente oxidados y dichos materiales orgánicos parcialmente gasificados en un gas rico en hidrógeno, y

- calentar dicha escoria por medio de dicho sistema (8) de calentamiento de joule, convirtiendo de este modo dicha escoria en un vidrio,

55 donde dicha unidad de gasificación (1) es una unidad de gasificación en corriente descendente, y dichos materiales orgánicos se transportan hacia abajo de la longitud axial de dicha unidad de gasificación (1) mediante medios mecánicos (3).

60 7. El método de la reivindicación 6, que además comprende introducir un oxidante en el interior de dicha unidad de gasificación (1) a través de uno o más puertos (2) de inyección oxidantes, donde dicho flujo de oxidante es en la misma dirección que dicho flujo de materiales orgánicos.

65

8. El método de la reivindicación 7, donde dicho oxidante está seleccionado entre el grupo que comprende oxígeno, aire, vapor, dióxido de carbono y sus combinaciones.
- 5 9. El método de la reivindicación 7 o 8, que comprende además controlar el flujo de dicho oxidante y el flujo de dichos materiales orgánicos para optimizar la conversión de dichos componentes orgánicos en un gas rico en hidrógeno usando un dispositivo (10) de control de retroalimentación, siendo dicho dispositivo (10) de control de retroalimentación apropiado para controlar y vigilar el flujo de dicho oxidante y de dichos materiales orgánicos por medio del uso de sensores equipados en dicha unidad de gasificación (1) y dicha unidad de vitrificación (4).
- 10 10. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, que además comprende introducir cualesquiera materiales orgánicos parcialmente oxidados y materiales orgánicos parcialmente gasificados en dicha unidad de vitrificación (4) no convertidos en un gas rico en hidrógeno en el interior de una cámara (9) de residencia térmica para mantener dichos materiales durante un tiempo y a una temperatura para completar la conversión de los materiales orgánicos parcialmente oxidados y los materiales orgánicos parcialmente gasificados en un gas rico en hidrógeno.
- 15 11. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, donde dicho medio mecánico para transportar el material orgánico (3) hacia abajo de la longitud axial de dicha unidad de gasificación (1) está seleccionado entre un tornillo de Arquímedes, un rastrillo, una rejilla en agitación, uno o más tambores rotatorios, un pistón y sus combinaciones.
- 20 12. El método de la reivindicación 10 o 11, que además comprender mantener los materiales orgánicos parcialmente oxidados y los materiales orgánicos parcialmente gasificados en dicha cámara (9) de residencia térmica a una temperatura de entre 1000 °C y 1500 °C, o que además comprende mantener los materiales orgánicos parcialmente oxidados y los materiales orgánicos parcialmente gasificados en dicha cámara (9) de residencia térmica a una temperatura de entre 1100 °C y 1400 °C.
- 25 13. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, que además comprende introducir un gas adicional en la cámara (9) de residencia térmica, donde dicho gas adicional está seleccionado entre el grupo de gas de síntesis reciclado, gas de síntesis enriquecido con hidrógeno, oxígeno, vapor, aire, dióxido de carbono y sus combinaciones.
- 30 14. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 13, donde los materiales inorgánicos se introducen en dicha unidad de gasificación (1) además de dichos materiales orgánicos, y dichos materiales orgánicos se convierten en dicho vidrio en dicha unidad de vitrificación (4).
- 35

Figura 1

