

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 686 289**

51 Int. Cl.:

|                  |           |
|------------------|-----------|
| <b>C10J 3/72</b> | (2006.01) |
| <b>C10K 3/00</b> | (2006.01) |
| <b>C10J 3/84</b> | (2006.01) |
| <b>C10K 1/02</b> | (2006.01) |
| <b>C10K 1/04</b> | (2006.01) |
| <b>F22B 1/18</b> | (2006.01) |
| <b>C10J 3/86</b> | (2006.01) |

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.04.2012 PCT/US2012/032006**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.10.2013 WO13147918**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.04.2012 E 12870334 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018 EP 2694432**

54 Título: **Proceso para gasificación de materiales carbonosos para producir gas de síntesis**

30 Prioridad:

**06.04.2011 US 201161516646 P**  
**06.04.2011 US 201161516704 P**  
**06.04.2011 US 201161516667 P**  
**22.03.2012 US 201213427144**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.10.2018**

73 Titular/es:

**INEOS BIO SA (100.0%)**  
**Avenue Des Uttins 3**  
**1180 Rolle, CH**

72 Inventor/es:

**BELL, PETER;**  
**KO, CHING-WHAN;**  
**SLAPE, SEAN;**  
**BRESHEARS, SCOTT y**  
**OCFEMIA, KIM**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 686 289 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Proceso para gasificación de materiales carbonosos para producir gas de síntesis

- 5 Se proporciona un proceso para gasificación de materiales carbonosos para producir gas de gasógeno o gas de síntesis o syngas que incluye monóxido de carbono e hidrógeno.

Antecedentes

- 10 La gasificación de materiales carbonosos para producir gas de gasógeno o gas de síntesis o syngas que comprende monóxido de carbono e hidrógeno es bien conocida en la técnica. Normalmente, dicho proceso de gasificación implica una oxidación parcial u oxidación de aire seco de material carbonoso en el que una cantidad subestequiométrica de oxígeno se suministra al proceso de gasificación para promover la producción de monóxido de carbono como se describe en el documento WO 2009/154788. Como se describe en el documento WO  
15 2009/154788, un proceso de gasificación adicionalmente puede ser influenciado por la adición de uno o más de vapor y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). El éxito de un proceso de gasificación depende en gran medida de la calidad de gas de síntesis producido. El contenido en aumento de monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H<sub>2</sub>) es deseable en el gas de síntesis producido. En otras palabras, los contenidos de diluyentes tales como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), nitrógeno (N<sub>2</sub>) deben ser lo más bajo posible especialmente para uso del gas de síntesis de producto para el valor de  
20 calentamiento o para producir productos químicos.

- Diversos materiales minerales a menudo forman parte de materiales carbonosos. Mientras que la parte hidrocarbonosa de los materiales carbonosos se convierte en CO, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>, los materiales minerales se separan de la parte hidrocarbonosa y junto con cualquier material carbonoso no convertido o ceniza de forma carbonosa no  
25 convertida. La cantidad y composición de ceniza (por ejemplo, el contenido de carbono) puede tener un impacto sobre el funcionamiento suave del gasificador, así como también sobre el desecho de cenizas. La fusión y aglomeración de ceniza en el gasificador puede provocar la formación de escoria y escoria de hulla que puede conducir a un bloqueo parcial o completo del gasificador. Por lo tanto, es ventajoso tener un proceso de gasificación que evite la fusión de cenizas. También es ventajoso tener un bajo contenido de combustible no quemado o carbón en cenizas.  
30

- James T Cobb, Jr. ("Production of Synthesis Gas by Biomass Gasification," James T. Cobb, Jr., Proceedings of the 2007 Spring National AIChE Meeting, Houston, Texas, abril 22-26, 2007) describe un Gasificador Consutech (BRI Energy LLC), cuya primera etapa es una cámara de combustión de dos etapas estándar (frecuentemente utilizada como un incinerador de MSW) que funciona como gasificador a 950°F utilizando aire enriquecido con oxígeno. La segunda etapa es un tratador de calor que opera a 2000-2250°F y utiliza oxígeno mínimo para craquear alquitranes.  
35

- El documento US 2005/095183 divulga un gasificador que comprende una zona de gasificación continua con una zona de combustión posterior, se agrega oxígeno a ambas zonas para producir dos productos gaseosos que se combinan para producir gas de síntesis crudo. Los alquitranes y los aceites se pueden craquear o retirar sustancialmente al reformar autotérmicamente en una sección adicional. Los documentos DE 102008/027858 y WO 2006/123018 también divulgan gasificadores que tienen zonas de gasificación y combustión continuas con una zona de reducción de alquitrán posterior.  
40

- El documento WO 2009/154788 describe un gasificador de dos etapas en el que se cargan materiales carbonosos en la primera etapa en la que se puede inyectar aire, aire enriquecido con oxígeno u oxígeno puro a una tasa controlada. La temperatura de la primera etapa y la entrada de oxígeno se controlan de modo que solo se produce la oxidación parcial del material carbonoso. El producto gaseoso de la primera se mueve a la segunda etapa. La ceniza se elimina de la primera etapa. Se introduce oxígeno puro en la segunda etapa con el fin de lograr el craqueo y la oxidación parcial de cualquier alquitrán contenido en la corriente gaseosa desde la primera etapa.  
50

- Un gasificador de dos etapas tal como aquel descrito en el documento WO 2009/154788 puede ser efectivo en la producción de gas de síntesis a partir de diversos materiales carbonosos residuales y se puede producir gas de síntesis de buena calidad; sin embargo, se observa en general un alto contenido de carbono en las cenizas producidas por este proceso de gasificación.  
55

Resumen

- 60 Se proporciona un proceso para gasificación de un material carbonoso. El proceso produce un gas de síntesis crudo que se procesa adicionalmente en una zona de destrucción de alquitrán para proporcionar un gas de síntesis caliente. El gas de síntesis caliente tiene una relación molar de CO/CO<sub>2</sub> en el gas de síntesis caliente que es mayor de aproximadamente 0.75 y una relación de contenido de carbono de ceniza sólida con contenido de carbono de carga de material carbonoso es menor de aproximadamente 0.1. El contenido de carbono de la ceniza sólida es menor de aproximadamente 10%.

65

Se proporciona un proceso para gasificación de un material carbonoso para producir un gas de síntesis crudo. El proceso incluye poner en contacto dicho material carbonoso con un primer gas que contiene oxígeno molecular y opcionalmente con uno o más de vapor y CO<sub>2</sub> en una zona de gasificación para gasificar una porción de dicho material carbonoso y para producir un primer producto gaseoso. Una porción restante del material carbonoso se pone en contacto con un segundo gas que contiene oxígeno molecular y opcionalmente con uno o más de vapor y CO<sub>2</sub> en una zona de combustión

En otro aspecto, la masa de oxígeno total por unidad de masa de carbono total en la carga de material carbonoso que entra en la zona de gasificación es menor que la masa de oxígeno total por unidad de masa de carbono total en una porción no convertida de carga de material carbonoso que entra en la zona de combustión. La zona de gasificación puede incluir una o más soleras de gasificación y la zona de combustión puede incluir una o más soleras de combustión. Una o más de dichas soleras de gasificación logran el precalentamiento del material carbonoso mediante intercambio de calor con uno o más de dicho primer producto gaseoso y segundo producto gaseoso.

En otro aspecto, una relación de cantidad total de oxígeno molecular contenido en el primer gas que contiene oxígeno molecular y el segundo gas que contiene oxígeno molecular a la cantidad total de oxígeno molecular requerida para oxidar completamente todo el carbono contenido en la carga de material carbonoso a dióxido de carbono está en un rango de 0.1 a 0.9. De acuerdo con el proceso, el oxígeno molecular se introduce en la zona de gasificación y zona de combustión a una tasa de aproximadamente 0 a aproximadamente 37.6 kg-mol por tonelada (75 lb-mol por tonelada) de material carbonoso sobre una base seca. La temperatura de la zona de gasificación y zona de combustión no es mayor de 800°C. El proceso incluye poner en contacto dicho material carbonoso con un primer gas que contiene oxígeno molecular y opcionalmente con uno o más de vapor y CO<sub>2</sub> en una zona de gasificación para gasificar una porción de dicho material carbonoso y para producir un primer producto gaseoso. Una porción restante del material carbonoso se pone en contacto con un segundo gas que contiene oxígeno molecular y opcionalmente con uno o más de vapor y CO<sub>2</sub> en una zona de combustión para gasificar la porción adicional del material carbonoso y para producir un segundo producto gaseoso y una ceniza sólida que comprende carbono. El primer producto gaseoso y dicho segundo producto gaseoso se combinan para producir un gas de síntesis crudo que incluye monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y alquitrán. El gas de síntesis crudo tiene una relación molar de CO/CO<sub>2</sub> mayor de aproximadamente 0.75. El gas de síntesis crudo se pone en contacto con un tercer gas que contiene oxígeno molecular en una zona de destrucción de alquitrán para producir dicho gas de síntesis caliente. La zona de destrucción de alquitrán tiene una temperatura mayor de aproximadamente 900°C. La relación molar de CO/CO<sub>2</sub> en el gas de síntesis caliente es mayor de aproximadamente 0.75 y una relación de contenido de carbono de ceniza sólida con contenido de carbono de carga de material carbonoso es menor de aproximadamente 0.1. El contenido de carbono de la ceniza sólida es menor de aproximadamente 10% en peso.

Se puede utilizar el proceso de la invención con un aparato de gasificación que incluye una zona de gasificación que incluye una o más soleras; una zona de combustión que incluye una o más soleras, en las que las zonas de gasificación y combustión son efectivas para proporcionar un gas de síntesis crudo que tiene una relación molar de CO/CO<sub>2</sub> mayor de aproximadamente 0.75 y la relación de contenido de carbono de ceniza sólida con el contenido de carbono de carga de material carbonoso es menor de aproximadamente 0.1; y una zona de destrucción de alquitrán efectiva para recibir el gas de síntesis crudo desde las zonas de gasificación y combustión a través de una zona de conexión. En un aspecto, la zona de gasificación incluye hasta 10 soleras. En un aspecto, la zona de combustión incluye hasta 5 soleras. En otro aspecto, el aparato de gasificación incluye por lo menos un dispositivo de transferencia de sólidos efectivo para mover el material carbonoso desde la zona de gasificación hasta la zona de combustión. El aparato de gasificación también puede incluir por lo menos una entrada de gas en la zona de gasificación, zona de combustión y zona de destrucción de alquitrán.

Breve descripción de las figuras

Los aspectos característicos y ventajas anteriores y adicionales de diversos aspectos del proceso serán evidentes a partir de las siguientes figuras.

La Figura 1 es un diagrama esquemático de un aparato de gasificación que incluye una zona de gasificación y una zona de combustión. Con referencia ahora a la Figura 1, el aparato (10) de gasificación incluye una zona (103) de gasificación y una zona (200) de combustión. La zona de gasificación incluye una entrada para agregar gas (por ejemplo, el gas que contiene oxígeno, vapor, dióxido de carbono): la entrada 102; la zona de combustión incluye una entrada para agregar gas: entrada 202. Una carga (101) de material carbonoso se puede agregar en la zona (103) de gasificación. Una corriente de ceniza (205) sólida se puede eliminar de la zona (200) de combustión. Una corriente de gas (105) de síntesis crudo se puede eliminar de la zona (103) de gasificación.

La Figura 2 es un diagrama esquemático de un aspecto de un aparato de gasificación que incluye una zona de gasificación y una zona de combustión en el que la zona de gasificación incluye cuatro secciones o soleras. Con referencia ahora a la Figura 2, el aparato (11) de gasificación incluye una zona (113) de gasificación y una zona (230) de combustión. La zona (113) de gasificación incluye cuatro soleras de gasificación: solera-I (310), solera-II (320), solera-III (330), y solera-IV (340). Cada solera de gasificación incluye una entrada para agregar gas: entrada

111 de gas a la solera-I, entrada de gas 121 a la solera-II, entrada de gas 131 a la solera-III, y entrada de gas 141 a la solera-IV. La zona de combustión incluye una entrada para agregar gas: entrada 202 de gas. Una carga (101) de material carbonoso se puede agregar en la solera-I (solera de entrada) de la zona (113) de gasificación. Una corriente de ceniza (205) sólida se puede eliminar de la zona (230) de combustión. Una corriente de gas (105) de síntesis crudo se puede eliminar de la zona (113) de gasificación.

La Figura 3 es un diagrama esquemático de un aspecto de un aparato de gasificación que incluye una zona de gasificación y una zona de combustión en el que la zona de gasificación incluye cuatro secciones o soleras y la zona de combustión incluye dos secciones o soleras. Con referencia ahora a la Figura 3, el aparato (12) de gasificación incluye una zona (123) de gasificación y una zona (232) de combustión. La zona (123) de gasificación incluye cuatro soleras de gasificación: solera-I (410), solera-II (420), solera-III (430), y solera-IV (440). Cada solera de gasificación incluye una entrada para agregar gas: entrada 411 de gas a la solera-I, entrada 421 de gas a la solera-II, entrada 431 de gas a la solera-III, y entrada 441 de gas a la solera-IV. La zona de combustión incluye dos soleras de combustión: solera-V (416), solera-VI (220). Cada solera de combustión incluye una entrada para agregar gas: entrada 511 de gas a la solera-V, y entrada 521 de gas a la solera-VI. Una carga (101) de material carbonoso se puede agregar en la solera-I (solera de entrada) de la zona (123) de gasificación. Una corriente de ceniza (205) sólida se puede eliminar de la solera-VI (solera de salida) de la zona (232) de combustión. Una corriente de gas (105) de síntesis crudo se puede eliminar de la zona (123) de gasificación.

La Figura 4 es un diagrama esquemático de un aspecto de un aparato de gasificación que incluye una zona de gasificación, una zona de combustión y una zona de reducción de alquitrán en el que la zona de gasificación incluye cinco secciones o soleras. Con referencia ahora a la Figura 4, el aparato (13) de gasificación incluye una zona (143) de gasificación, una zona (500) de combustión, una zona (300) de conexión o tragante y una zona (400) de reducción de alquitrán. La zona (143) de gasificación incluye cinco soleras de gasificación: solera-I (110), solera-II (120), solera-III (130), solera-IV (140), y solera-V (150). Cada solera de gasificación incluye una entrada para agregar gas: entrada de gas 611 a la solera-I, entrada de gas 621 a la solera-II, entrada 631 de gas a la solera-III, entrada 641 de gas a la solera-IV y entrada 651 de gas a la solera-V. La zona de combustión incluye una entrada para agregar gas: entrada 202 de gas. La zona (300) de conexión o tragante incluye una entrada para agregar gas: entrada 301 de gas. Una carga (101) de material carbonoso se puede agregar en la solera-I (solera de entrada) de la zona (143) de gasificación. Una corriente de ceniza (205) sólida se puede eliminar de la zona (500) de combustión. Una corriente de gas (405) de síntesis caliente se puede eliminar de la zona (400) de reducción de alquitrán.

Los caracteres de referencia correspondientes indican los componentes correspondientes a lo largo de las diversas vistas de los dibujos. Los expertos en la materia apreciarán que los elementos en las figuras se ilustran por simplicidad y claridad y no se han dibujado necesariamente a escala. Por ejemplo, las dimensiones de algunos de los elementos de las figuras pueden ser exageradas con relación a otros elementos para ayudar a mejorar el entendimiento de diversos aspectos del presente proceso y aparato. También, los elementos comunes, pero bien entendidos que son útiles o necesarios en aspectos comercialmente factibles no se representan a menudo con el fin de facilitar una vista menos obstruida de estos diversos aspectos.

Descripción detallada

Definiciones

A menos que se defina de otra manera, los siguientes términos se utilizan a lo largo de esta especificación para la presente divulgación. Se definen como sigue y pueden incluir cualquiera de las formas singular o plural de las definiciones que se definen a continuación:

El término "aproximadamente" que modifica cualquier cantidad se refiere a la variación en esa cantidad encontrada en condiciones del mundo real, por ejemplo, en el laboratorio, planta piloto o instalación de producción. Por ejemplo, una cantidad de un ingrediente o medida empleada en una mezcla o cantidad cuando se modifica por "aproximadamente" incluye la variación y grado de cuidado empleado normalmente en la medida de una condición experimental en planta de producción o laboratorio. Por ejemplo, la cantidad de un componente de un producto cuando se modifica por "aproximadamente" incluye la variación entre tandas en múltiples experimentos en la planta o laboratorio y la variación inherente en el método analítico. Si se modifican o no por "aproximadamente", las cantidades incluyen equivalentes a aquellas cantidades. Cualquier cantidad establecida en el presente documento y modificada por "aproximadamente" también se puede emplear en la presente divulgación como la cantidad no modificada por "aproximadamente".

"Material carbonoso", como se utiliza en el presente documento, se refiere a un material rico en carbono tal como carbón, y petroquímicos. Sin embargo, en esta especificación, el material carbonoso incluye cualquier material de carbono ya sea en estado sólido, líquido, el gas o plasma. Entre los numerosos artículos que se pueden considerar el material carbonoso, la presente divulgación contempla: material carbonoso, producto líquido carbonoso, reciclado líquido industrial carbonoso, residuos sólidos urbanos carbonosos (MSW o msw), residuos urbanos carbonosos, material agrícola carbonoso, material forestal carbonoso, residuos de madera carbonosa, material de construcción carbonoso, material vegetativo carbonoso, residuos industriales carbonosos, residuos de fermentación carbonosa,

coproductos petroquímicos carbonosos, coproductos de producción de alcohol carbonoso, carbón carbonoso, llantas, plásticos, plástico de desecho, alquitrán de horno de coque, fibersoft, lignina, licor negro, polímeros, polímeros residuales, tereftalato de polietileno (PETA), poliestireno (PS), lodo de aguas residuales, desecho animal, residuos de cosecha, cultivos energéticos, residuos de procesamiento forestal, residuos de procesamiento de madera, desechos de ganado, desechos de aves de corral, residuos de procesamiento de alimentos, desechos de procesos fermentativos, coproductos de etanol, grano gastado, microorganismos gastados, o sus combinaciones.

El término "fibersoft" o "Fibersof" o "fibrosoft" o "fibrousoft" significa un tipo de material carbonoso que se produce como resultado del ablandamiento y concentración de diversas sustancias; en un ejemplo, el material carbonoso se produce mediante autoclave con vapor de diversas sustancias. En otro ejemplo, el fibersoft puede incluir el tratamiento autoclave a vapor de residuos municipal, industriales, comerciales, médicas que resultan en un material esponjoso fibroso.

El término "desecho sólido municipal" o "MSW" o "msw" significa desechos que comprenden desechos de hogares, comerciales, industriales y/o residuales.

El término "syngas" o "gas de síntesis" significa gas de síntesis que es el nombre dado a una mezcla gaseosa que contiene cantidades variables de monóxido de carbono e hidrógeno. Ejemplos de métodos de producción incluyen reformado con vapor de gas natural o hidrocarburos para producir hidrógeno, gasificación de carbón y en algunos tipos de instalaciones de gasificación de residuos-a-energía. El nombre viene de su uso como intermedios para crear gas natural sintético (SNG) y para producir amoníaco o metanol. El gas de síntesis incluye uso como un intermedio en la producción de petróleo sintético para uso como combustible o lubricante vía síntesis de Fischer-Tropsch y previamente el proceso de Mobil-metanol a gasolina. El gas de síntesis consiste principalmente en hidrógeno, monóxido de carbono y algo de dióxido de carbono, y tiene menos de la mitad de la densidad de energía (es decir, el contenido de BTU) de gas natural. El gas de síntesis es combustible y a menudo se utiliza como fuente de combustible o como un intermedio para la producción de otros productos químicos.

"Ton" o "ton" se refiere a tonelada corta U.S., es decir, aproximadamente 907.2 kg (2000 libras).

Como se utiliza en el presente documento, el término "alquitrán" incluye, sin limitación, un alquitrán gaseoso, un alquitrán líquido, un alquitrán sólido, una sustancia formadora de alquitrán, o mezclas de los mismos, que generalmente comprenden hidrocarburos y derivados de los mismos. Existe un gran número de métodos de medición de alquitrán bien conocidos que pueden ser utilizados para medir el alquitrán. Una gran familia de técnicas incluye métodos analíticos basados en cromatografía de fase líquida o gaseosa acoplada con un detector. Los detectores más frecuentes en el caso de la medición de alquitranes son el detector de llama-ionización (FID) y el espectrómetro de masas. Otra familia de técnicas incluye métodos espectrométricos, que incluyen detectar y analizar un espectro. Esta es, por ejemplo, espectroscopia infrarroja, ultravioleta (UV) o luminiscencia, y técnica de LIBS (Espectroscopía de Ruptura Inducida Por láser). Otra técnica para la monitorización de gases de combustión es la espectrometría infrarroja de FTIR (Infrarrojo de Transformada de Fourier). Los documentos diversos mencionan esta técnica, tal como por ejemplo los documentos WO2006015660, WO03060480 y la Patente Estadounidense No. 5,984,998.

Existen otros métodos electrónicos conocidos que permiten el control continuo de alquitranes. Estas técnicas incluyen detectores con celdas electroquímicas y sensores con semiconductores. También se pueden utilizar diversas técnicas gravimétricas para las mediciones de alquitrán. En un aspecto, la cantidad de alquitrán se puede expresar como ppm equivalentes de carbono. En este aspecto, el hidrocarburo puede ser benceno o un alcohol, tal como metanol. En este aspecto, la reducción del contenido de alquitrán puede significar un equivalente de concentración de alquitrán o equivalentes de alquitrán que corresponden a menos de aproximadamente 10 ppm de benceno.

#### Descripción detallada

La siguiente descripción no se debe tomar en un sentido limitativo, pero se hace solo con el propósito de describir los principios generales de las realizaciones de ejemplo. El alcance de la invención se debe determinar con referencia a las reivindicaciones.

Se proporciona un proceso para gasificación de material carbonoso para producir gas de síntesis. En el proceso, un aparato de gasificación se utiliza para gasificación de un material carbonoso. El aparato de gasificación incluye una zona de gasificación y una zona de combustión. Una carga de material carbonoso se introduce en la zona de gasificación del aparato de gasificación. Un primer gas que contiene oxígeno molecular se suministra a la zona de gasificación y de esta manera la carga de material carbonoso se trata con oxígeno molecular con el fin de iniciar y facilitar la transformación química del material carbonoso. Una porción de la carga de material carbonoso se gasifica en la zona de gasificación para producir un primer producto gaseoso. El suministro de oxígeno en el aparato de gasificación y especialmente en la zona de gasificación se controla con el fin de promover preferencialmente la formación de monóxido de carbono a partir del material carbonoso. Una cantidad subestequiométrica de oxígeno se suministra con el fin de promover la producción de monóxido de carbono. Esta acción promueve conversión

incompleta de material carbonoso en la zona de gasificación; solo una porción de material carbonoso se gasifica en la zona de gasificación. La porción restante de material carbonoso se transfiere a la zona de combustión. Un segundo gas que contiene oxígeno molecular se suministra a la zona de combustión y de esta manera la porción restante de material carbonoso se trata con oxígeno molecular con el fin de facilitar la transformación química de la porción no convertida de material carbonoso en componentes gaseosos. Una porción adicional de dicho material carbonoso de esta manera se gasifica en la zona de combustión para producir un segundo producto gaseoso. El primer producto gaseoso y el segundo producto gaseoso se combinan para formar un gas de síntesis crudo.

En un aspecto la zona de gasificación y la zona de combustión son unidades físicamente separadas. En un aspecto la zona de gasificación y la zona de combustión son partes de una sola unidad. La zona de gasificación puede ser cualquier equipo de gasificación divulgado en la técnica anterior tal como y no limitado a lecho móvil, lecho fijo, lecho fluidizado, flujo atrapado, lecho fijo contracorriente ("tiro ascendente"), co-corriente ("tiro descendente"), corriente-corriente, lecho fijo co-corriente, lecho móvil de contra-corriente, tiro transversal de lecho móvil co-corriente, híbrido, flujo transversal, lecho móvil de flujo transversal, o una parte del mismo. La zona de combustión puede ser cualquier equipo de gasificación descrito en la técnica anterior, tal como y no limitado a lecho móvil, lecho fijo, lecho fluidizado, flujo atrapado, lecho fijo contracorriente ("tiro ascendente"), co-corriente ("tiro descendente"), lecho fijo contracorriente, lecho fijo co-corriente, lecho móvil contracorriente, tiro transversal de lecho móvil co-corriente, híbrido, flujo transversal, lecho móvil de flujo transversal, o una parte de los mismos. En un aspecto el flujo de sólidos es hacia abajo y el flujo de gas hacia arriba en por lo menos una parte de la zona de combustión. En un aspecto, la zona de gasificación es una unidad de flujo transversal y la zona de combustión es una unidad contracorriente. En un aspecto, la zona de gasificación es una unidad de flujo transversal y la zona de combustión es una unidad de lecho móvil contra corriente. En un aspecto, la zona de gasificación es una unidad de lecho móvil de flujo transversal y la zona de combustión es una unidad de contracorriente con el gas que fluye hacia arriba y el sólido que se mueve hacia abajo.

En un aspecto, la zona de gasificación puede incluir una o más secciones o soleras de gasificación para poner en contacto dicho material carbonoso con un primer gas molecular que contiene oxígeno y opcionalmente con uno o más de vapor y CO<sub>2</sub> para gasificar una porción de dicho material carbonoso y para producir un primer producto gaseoso. En diversos aspectos, la zona de gasificación incluye 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, o 10 secciones o soleras de gasificación. En un aspecto, la zona de combustión incluye una o más soleras de combustión para poner en contacto la porción restante de dicho material carbonoso con un segundo gas que contiene oxígeno molecular para gasificar una porción adicional de dicho material carbonoso y para producir un segundo producto gaseoso y ceniza sólida. En diversos aspectos, la zona de combustión puede incluir 1, 2, 3, 4, o 5 secciones o soleras de combustión. En un aspecto, el aparato de gasificación incluye una solera de gasificación y una solera de combustión. En un aspecto, el aparato de gasificación incluye dos soleras de gasificación y una solera de combustión. En un aspecto, el aparato de gasificación incluye tres soleras de gasificación y una solera de combustión. En un aspecto, el aparato de gasificación incluye cuatro soleras de gasificación y una solera de combustión. En un aspecto, el aparato de gasificación incluye cinco soleras de gasificación y una solera de combustión. En un aspecto, el aparato de gasificación incluye dos soleras de gasificación y dos soleras de combustión. En un aspecto, el aparato de gasificación incluye tres soleras de gasificación y dos soleras de combustión. En un aspecto, el aparato de gasificación incluye cuatro soleras de gasificación y dos soleras de combustión. En un aspecto, el aparato de gasificación incluye cinco soleras de gasificación y dos soleras de combustión. En un aspecto, se pueden utilizar una o más de dichas soleras de gasificación para lograr el precalentamiento de dicho material carbonoso. Dicho precalentamiento se puede lograr mediante intercambio de calor con uno o más de dicho primer producto gaseoso y dicho segundo producto gaseoso. En un aspecto, una o más de dichas soleras de combustión proporcionan la disposición para el flujo ascendente de gas y flujo descendente de sólido.

El gas de síntesis crudo producido en el proceso descrito anteriormente a menudo incluye alquitrán que es indeseable para la operación y uso corriente abajo. La reducción del contenido de alquitrán de gas de síntesis crudo se puede lograr al poner en contacto dicho gas de síntesis crudo con un tercer gas que contiene oxígeno molecular en una zona de destrucción de alquitrán. La oxidación y/o craqueo parcial del alquitrán contenido en dicho gas de síntesis crudo se logra en la zona de reducción de alquitrán. Un gas de síntesis caliente de esta manera se produce sin o un contenido de alquitrán sustancialmente bajo. Por lo tanto, en un aspecto, dicho aparato de gasificación incluye una zona de reducción de alquitrán para tratar dicho gas de síntesis crudo que comprende dicho primer producto gaseoso y dicho segundo producto gaseoso con un tercer gas que contiene oxígeno molecular. La zona de reducción de alquitrán puede ser una cámara horizontal o vertical con sección circular o cuadrada o rectangular o cualquier otra sección transversal. La zona de reducción de alquitrán se puede inclinar a la dirección horizontal o vertical. La zona de reducción de alquitrán se puede conectar a la zona de gasificación o a la zona de combustión o a tanto la zona de gasificación como la zona de combustión a través de una o más zonas de conexión o tragantes. En un aspecto, la zona de reducción de alquitrán se conecta a la zona de gasificación a través de una zona de conexión. Una entrada de gas se puede unir directamente a la zona de reducción de alquitrán. Una o más entradas de gas se pueden unir a una o más zonas de conexión (tragantes). El tercer gas que contiene oxígeno molecular se puede introducir directamente en la zona de reducción de alquitrán. El tercer gas que contiene oxígeno molecular se puede introducir en la zona de reducción de alquitrán a través de una o más entradas de gas unidas a una o más zonas de conexión.

Las entradas de gas para introducción del primer gas que contiene oxígeno molecular se pueden unir a la zona de gasificación o una o más soleras contenidas en la misma. Las entradas de gas para introducción del segundo gas que contiene oxígeno molecular se pueden unir a la zona de combustión o una o más soleras contenidas en la misma. El vapor o CO<sub>2</sub> también se puede introducir a través de una o más de estas entradas de gas. En un aspecto, uno o más del primer gas que contiene oxígeno molecular, vapor y CO<sub>2</sub> se puede introducir a través de las entradas de gas adheridas a la zona de gasificación o a una o más soleras contenidas en la misma. En un aspecto, uno o más del primer gas que contiene oxígeno molecular, vapor y CO<sub>2</sub> se premezclan antes de suministrar a las entradas de gas unidas a la zona de gasificación o a una o más soleras contenidas en la misma. En un aspecto, uno o más del segundo gas que contiene oxígeno molecular, vapor y CO<sub>2</sub> se premezclan antes de suministrar a las entradas de gas unidas a la zona de combustión o a una o más soleras contenidas en la misma.

En un aspecto la zona de gasificación incluye una solera de entrada y una o más soleras de gasificación adicionales, en las que la carga de material carbonoso se introduce en la solera de entrada. En un aspecto, el primer gas que contiene oxígeno molecular no se suministra a través de la entrada de gas unida a la solera de entrada. En un aspecto, la entrada de gas no se une a la solera de entrada. El material carbonoso introducido en la solera de entrada opcionalmente entra en contacto con uno o más del primer y el segundo producto gaseoso que contiene calor. El calor contenido en dicho uno o más del primer y el segundo producto gaseoso de esta manera se puede intercambiar con el material carbonoso logrando de esta manera secado o presecado del material carbonoso. Un material carbonoso seco o presecado de esta manera se transfiere a las soleras posteriores. La descomposición o gasificación térmica de una porción de material carbonoso también puede ocurrir en la solera de entrada.

Uno o más dispositivos mecánicos, tales como arietes de transferencia, se utilizan para facilitar el movimiento del sólido dentro de la zona de gasificación, por ejemplo, desde una solera de gasificación hasta la siguiente y dentro de la zona de combustión, por ejemplo, desde una solera de combustión hasta la siguiente y para facilitar la transferencia de sólidos desde la zona de gasificación hasta la zona de combustión. En un aspecto, la parte inferior de la zona de gasificación se ubica en un nivel por encima de la parte inferior de la zona de combustión con el fin de facilitar el movimiento de sólidos. En un aspecto, la parte inferior de cualquier de gasificación se coloca en un nivel más bajo que la parte inferior de la solera previa cuando el sólido se mueve desde la solera de entrada hasta la zona de combustión. En un aspecto, la parte inferior de cualquier solera de combustión se ubica en un nivel más bajo que la parte inferior de la solera previa cuando se mueve el sólido hacia la solera de salida. En un aspecto en el que la zona de gasificación incluye una solera de entrada y una o más soleras de gasificación adicionales, no se utiliza deshornadora de transferencia en la solera de entrada; en esta solera de entrada, el sólido se empuja a la siguiente solera de gasificación al cargar más sólido de carga (material carbonoso). En un aspecto, una o más deshornadoras de transferencia (deshornadoras de eliminación de ceniza) se utilizan en la zona de combustión para eliminar la ceniza sólida. Se pueden emplear diversos métodos para eliminar la ceniza sólida fuera de la zona de combustión. En un aspecto, se utiliza un sello de agua en el cual una deshornadora de eliminación de cenizas empuja la ceniza sólida a un estanque de agua, utilizando el agua como un sello con el fin de minimizar, preferiblemente evitar, la fuga de aire en la zona de combustión. La ceniza húmeda se saca del agua utilizando una cinta transportadora. En otro aspecto, la ceniza se elimina a través de un sistema de tolva de bloqueo para minimizar, preferiblemente evitar fugas de aire en la zona de combustión. Por ejemplo, se pueden utilizar dobles puertas de ceniza que comprenden una puerta superior para cenizas y una puerta inferior para cenizas para proporcionar el sello. En un aspecto, manteniendo la puerta inferior de cenizas cerrada para proporcionar un sello, la puerta superior de ceniza se abre para permitir que la ceniza caiga hacia una zona sin combustión en la que la ceniza se puede enfriar. Con el fin de eliminar las cenizas, la puerta superior de cenizas se cierra primero para proporcionar el sello y luego se abre la puerta inferior de cenizas y una deshornadora de eliminación de cenizas empuja la ceniza enfriada fuera del gasificador. Este método elimina la ceniza seca y puede tener una ventaja si la ceniza tiene un uso directo, ya que no se requiere secado antes de dicho uso directo de ceniza.

Se alcanza una temperatura lo suficientemente alta en el aparato de gasificación para facilitar la gasificación del material carbonoso. Sin embargo, la temperatura se mantiene lo suficientemente baja para que la materia mineral no carbonosa contenida en la carga de material carbonoso no se puede fundir dentro del aparato de gasificación. En otras palabras, la temperatura en cualquier parte de la zona de gasificación o de la zona de combustión puede no exceder la temperatura de punto de fusión de la ceniza que comprende dicha materia mineral no carbonosa. Normalmente, una temperatura de fase de gas que no excede 800°C se mantiene en la zona de gasificación, así como también en la zona de combustión. En un aspecto, las temperaturas en la zona de gasificación y en la zona de combustión se mantienen en el rango 260-800°C. De esta manera la ceniza sólida que comprende dicha materia mineral no carbonosa se acumula en la zona de combustión y una corriente de ceniza sólida se elimina de la zona de combustión.

La zona de reducción de alquitrán proporciona un tiempo de contacto corto, pero se opera a una muy alta temperatura con el fin de asegurar la destrucción adecuada del alquitrán. La temperatura en la zona de reducción de alquitrán puede estar entre 900 y 2000°C. El tiempo de reacción o tiempo de contacto en la zona de reducción de alquitrán puede estar en un rango de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 5 segundos.

Se produce gas de síntesis crudo que puede incluir monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Es deseable tener más CO y menos CO<sub>2</sub> en el gas de síntesis crudo. En un aspecto, la relación molar de CO/CO<sub>2</sub> en

5 dicho gas de síntesis crudo es mayor de aproximadamente 0.75. En un aspecto, la relación molar de CO/CO<sub>2</sub> en dicho gas de síntesis crudo es mayor de aproximadamente 1.0. En un aspecto, la relación molar de CO/CO<sub>2</sub> en dicho gas de síntesis crudo es mayor de aproximadamente 1.5. El gas de síntesis caliente puede incluir monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Es deseable que tenga más CO y menos CO<sub>2</sub> en el gas de síntesis caliente. En un aspecto, la relación molar de CO/CO<sub>2</sub> en dicho gas de síntesis caliente es mayor de aproximadamente 0.75. En un aspecto, la relación molar de CO/CO<sub>2</sub> en dicho gas de síntesis caliente es mayor de aproximadamente 1.0. En un aspecto, la relación molar de CO/CO<sub>2</sub> en dicho gas de síntesis caliente es mayor de aproximadamente 1.5.

10 Además de contener materia mineral no carbonosa, la ceniza sólida puede incluir carbono no convertido o materia carbonosa no convertida. En un aspecto, el contenido de carbono de dicha ceniza sólida es menor de aproximadamente 10% en peso. En un aspecto, el contenido de carbono de ceniza sólida es menor de 5% en peso. En un aspecto, la relación del contenido de carbono de ceniza sólida con el contenido de carbono de carga de material carbonoso es menor de aproximadamente 0.1. En un aspecto, la relación del contenido de carbono de ceniza sólida con el contenido de carbono de carga de material carbonoso es menor de aproximadamente 0.01.

15 El contenido de carbono de la ceniza y el contenido de carbono de carga de material carbonoso se refiere a carbono o aun producto químico que contiene carbono. En este aspecto, se pueden utilizar numerosas técnicas conocidas para medir el contenido de carbono. Algunos ejemplos de técnicas que se pueden utilizar para medir el contenido de carbono incluyen y no se limitan a pruebas de ignición lenta (LOI), análisis termogravimétrico (TGA), métodos ópticos basados en sondas láser, métodos que utilizan radiación de microondas, métodos que usan resonancia magnética nuclear (RMN), y diversos métodos ASTM (véase por ejemplo ASTM D6316).

25 Es posible que se creen puntos calientes indeseables en dicho aparato de gasificación en una o más de la zona de gasificación y la zona de combustión, o soleras contenidas en la misma, debido a la distribución desigual del gas que contiene oxígeno molecular en dicha carga de material carbonoso. Esto puede causar mala calidad en la producción de gas de síntesis crudo. Los puntos calientes también pueden provocar fusión localizada de la ceniza. La formación de puntos calientes se puede reducir o prevenir al inyectar uno o más de vapor y dióxido de carbono en una o más de dicha zona de gasificación y dicha zona de combustión. De esta manera, con el fin de evitar puntos calientes indeseables, la carga de material carbonoso se puede tratar con vapor junto con oxígeno molecular en la zona de gasificación. La carga de material carbonoso se puede tratar con gas de CO<sub>2</sub> junto con oxígeno molecular en la zona de gasificación. La carga de material carbonoso se puede tratar con vapor junto con oxígeno molecular en la zona de combustión. La carga de material carbonoso se puede tratar con gas de CO<sub>2</sub> junto con oxígeno molecular en la zona de combustión. De esta manera el primer gas que contiene oxígeno molecular puede incluir uno o más de vapor y gas de dióxido de carbono y el segundo gas que contiene oxígeno molecular puede incluir uno o más de vapor y gas de dióxido de carbono.

40 Como se describió anteriormente, una cantidad subestequiométrica de oxígeno se suministra al aparato de gasificación con el fin de promover la producción de monóxido de carbono. Por lo tanto, en un aspecto, la relación de la cantidad total de oxígeno molecular contenido en el primer gas que contiene oxígeno molecular y el segundo gas que contiene oxígeno molecular con la cantidad total de oxígeno molecular requerida para oxidar completamente todo el carbono contenido en la carga de material carbonoso a dióxido de carbono está en un rango de 0.1 a 0.9. En un aspecto, la relación de la cantidad total de oxígeno molecular contenido en el primer gas que contiene oxígeno molecular y el segundo gas que contiene oxígeno molecular con la cantidad total de oxígeno molecular requerida para oxidar completamente todo el carbono contenido en la carga de material carbonoso a dióxido de carbono está en un rango de 0.1 a 0.9. En un aspecto, la relación de cantidad total de oxígeno molecular contenido en el primer gas que contiene oxígeno molecular, el segundo gas que contiene oxígeno molecular y el tercer gas que contiene oxígeno molecular con la cantidad total de oxígeno molecular requerida para oxidar completamente todo el carbono contenido en la carga de material carbonoso a dióxido de carbono está en un rango de 0.1 a 0.9. En un aspecto, la relación de cantidad total de oxígeno molecular contenido en el primer gas que contiene oxígeno molecular, el segundo gas que contiene oxígeno molecular y el tercer gas que contiene oxígeno molecular con la cantidad total de oxígeno molecular requerida para oxidar completamente todo el carbono contenido en la carga de material carbonoso a dióxido de carbono está en un rango de 0.1 a 0.9.

55 El control cuidadoso de las temperaturas en la zona de gasificación y en la zona de combustión y las tasas de suministros de oxígeno en la zona de gasificación y en la zona de combustión se requieren con el fin de lograr bajo contenido de carbono en ceniza sólida y alta relación CO/CO<sub>2</sub> en el gas de síntesis crudo. Se proporciona una cantidad mayor al oxígeno por unidad de cantidad de carbono disponible en el material carbonoso en la zona de combustión en comparación con la cantidad en oxígeno por unidad de cantidad de carbono disponible en el material carbonoso proporcionado en la zona de gasificación. De esta manera la masa de oxígeno total por unidad de masa de carbono total en la carga de material carbonoso que entra en la zona de gasificación es menor que la masa de oxígeno total por unidad de masa de carbono total en una porción no convertida de carga de material carbonoso que entra en la zona de combustión. La masa de oxígeno total por unidad de masa de carbono total en la carga de material carbonoso que entra en la zona de gasificación puede estar en un rango que comprende 0.1 a 2.0 kg/kg. La masa del oxígeno total por unidad de masa de carbono total en una porción no convertida de carga de material

carbonoso que entra en la zona de combustión puede estar en un rango que comprende 0.25 a 2.5 kg/kg. Cualquier oxígeno unido químicamente contenido en el material carbonoso, así como el oxígeno unido químicamente contenido en cualquier vapor o CO<sub>2</sub> que se suministre, pueden participar en la transformación química y gasificación del material carbonoso. Por lo tanto, es importante considerar cualquier oxígeno unido químicamente contenido en el material carbonoso así como el oxígeno unido químicamente contenido en cualquier vapor o CO<sub>2</sub> que se suministra en la determinación de la cantidad de oxígeno molecular que se va a suministrar.

Con el fin de suministrar oxígeno molecular dicho primer gas que contiene oxígeno molecular puede incluir aire. Con el fin de suministrar oxígeno molecular dicho primer gas que contiene oxígeno molecular puede incluir aire enriquecido. Con el fin de suministrar oxígeno molecular dicho primer gas que contiene oxígeno molecular puede incluir oxígeno puro. Con el fin de suministrar oxígeno molecular dicho segundo gas que contiene oxígeno molecular puede incluir aire. Con el fin de suministrar oxígeno molecular dicho segundo gas que contiene oxígeno molecular puede incluir aire enriquecido. Con el fin de suministrar oxígeno molecular dicho segundo gas que contiene oxígeno molecular puede incluir oxígeno puro.

En un aspecto, el gas que contiene oxígeno molecular se distribuye horizontalmente dentro de una o más soleras de gasificación. En un aspecto, el gas que contiene oxígeno molecular se distribuye verticalmente en una o más soleras de combustión. En un aspecto, se descontinúa la introducción del gas que contiene oxígeno molecular en una o más soleras de combustión. En un aspecto, una o más de entradas de gas se equipan con un dispositivo de enfriamiento. En un aspecto, uno o más de dichos dispositivos de enfriamiento son chaquetas de agua sobre las entradas de gas. En un aspecto, una o más entradas de gas se extienden fuera de las deshornadoras de transferencia. En un aspecto, se utilizan boquillas adicionales sobre la superficie de las deshornadoras de transferencia para introducción de gas que contiene oxígeno molecular.

El tercer gas que contiene oxígeno molecular puede incluir aire. El tercer gas que contiene oxígeno molecular puede incluir aire enriquecido. El tercer gas que contiene oxígeno molecular puede incluir oxígeno puro.

En un aspecto, el mismo gas que contiene oxígeno molecular se suministra a una o más de la zona de gasificación, zona de combustión y zona de reducción de alquitrán. En un aspecto, diferentes gases que contienen oxígeno molecular se suministran a la zona de gasificación, la zona de combustión y la zona de reducción de alquitrán.

La cantidad total de oxígeno molecular introducida en la zona de gasificación y la zona de combustión a través de dicho gas que contiene oxígeno molecular puede estar en un rango de aproximadamente 0 a aproximadamente 34 kg-moles (75 lb-moles) por tonelada de material carbonoso sobre una base seca. En diversos aspectos, las cantidades de oxígeno molecular suministradas a la zona de gasificación y a la zona de combustión pueden incluir un rango seleccionado de: 0 a 2.5, 0 a 25, 0 a 37.5, 2.5 a 5, 5 a 7.5, 7.5 a 10, 10 a 12.5, 12.5 a 15, 15 a 17.5, 17.5 a 20, 20 a 22.5, 22.5 a 25, 25 a 27.5, 27.5 a 30, 30 a 32.5, y 32.5 a 35 kg-moles por tonelada (0 a 5, 0 a 50, 0 a 75, 5 a 10, 10 a 15, 15 a 20, 20 a 25, 25 a 30, 30 a 35, 35 a 40, 40 a 45, 45 a 50, 50 a 55, 55 a 60, 60 a 65, y 65 a 70 lb-moles por tonelada) de carga de material carbonoso sobre una base seca. En diversos aspectos, las cantidades de oxígeno molecular suministradas a una o más de las soleras de gasificación y soleras de combustión puede incluir un rango seleccionado de: 0 a 2.5, 0 a 25, 0 a 37.5, 2.5 a 5, 5 a 7.5, 7.5 a 10, 10 a 12.5, 12.5 a 15, 15 a 17.5, 17.5 a 20, 20 a 22.5, 22.5 a 25, 25 a 27.5, 27.5 a 30, 30 a 32.5, y 32.5 a 35 kg-moles por tonelada (0 a 5, 0 a 50, 0 a 75, 5 a 10, 10 a 15, 15 a 20, 20 a 25, 25 a 30, 30 a 35, 35 a 40, 40 a 45, 45 a 50, 50 a 55, 55 a 60, 60 a 65, y 65 a 70 lb-moles por tonelada) de carga de material carbonoso sobre una base seca.

La cantidad total de vapor introducida en la zona de gasificación y la zona de combustión puede estar en un rango de aproximadamente 0 a aproximadamente 50 lb-moles por tonelada de carga de material carbonoso sobre una base seca. En diversos aspectos, la cantidad de vapor agregada en una o más de la zona de gasificación y la zona de combustión puede incluir un rango seleccionado de: 0 a 2.5, 2.5 a 5, 5 a 7.5, 7.5 a 10, 10 a 12.5, 12.5 a 15, 15 a 17.5, 17.5 a 20, 20 a 22.5, y 22.5 a 25 kg-moles por tonelada (0 a 5, 5 a 10, 10 a 15, 15 a 20, 20 a 25, 25 a 30, 30 a 35, 35 a 40, 40 a 45, y 45 a 50 lb-moles por tonelada) de carga de material carbonoso sobre una base seca. En diversos aspectos, la cantidad de vapor agregada en una o más de las soleras de gasificación y las soleras de combustión puede incluir un rango seleccionado de: 0 a 2.5, 2.5 a 5, 5 a 7.5, 7.5 a 10, 10 a 12.5, 12.5 a 15, 15 a 17.5, 17.5 a 20, 20 a 22.5, y 22.5 a 25 kg-moles por tonelada (0 a 5, 5 a 10, 10 a 15, 15 a 20, 20 a 25, 25 a 30, 30 a 35, 35 a 40, 40 a 45, y 45 a 50 lb-moles por tonelada) de carga de material carbonoso sobre una base seca.

La cantidad total de gas de dióxido de carbono introducida en la zona de gasificación y la zona de combustión puede estar en el rango de aproximadamente 0 a aproximadamente 50 lb-moles por tonelada de carga de material carbonoso sobre una base seca. En diversos aspectos, la cantidad de gas de dióxido de carbono agregada en una o más de la zona de gasificación y la zona de combustión puede incluir un rango seleccionado de: 0 a 2.5, 2.5 a 5, 5 a 7.5, 7.5 a 10, 10 a 12.5, 12.5 a 15, 15 a 17.5, 17.5 a 20, 20 a 22.5, y 22.5 a 25 kg-moles por tonelada (0 a 5, 5 a 10, 10 a 15, 15 a 20, 20 a 25, 25 a 30, 30 a 35, 35 a 40, 40 a 45, y 45 a 50 lb-moles por tonelada) de carga de material carbonoso sobre una base seca. En diversos aspectos, la cantidad de gas de dióxido de carbono agregada en una o más de las soleras de gasificación y las soleras de combustión puede incluir un rango seleccionado de: 0 a 2.5, 2.5 a 5, 5 a 7.5, 7.5 a 10, 10 a 12.5, 12.5 a 15, 15 a 17.5, 17.5 a 20, 20 a 22.5, y 22.5 a 25 kg-moles por tonelada (0 a 5, 5 a 10, 10 a 15, 15 a 20, 20 a 25, 25 a 30, 30 a 35, 35 a 40, 40 a 45, y 45 a 50 lb-moles por tonelada) de carga de material carbonoso sobre una base seca.

## ES 2 686 289 T3

a 10, 10 a 15, 15 a 20, 20 a 25, 25 a 30, 30 a 35, 35 a 40, 40 a 45, y 45 a 50 lb-moles por tonelada) de carga de material carbonoso sobre una base seca.

5 En un aspecto, se introducen tanto vapor como gas de dióxido de carbono en una o más de las zonas de gasificación y combustión. En un aspecto, uno o más de vapor y gas de dióxido de carbono se inyectan en una o más de las líneas que suministran oxígeno para mezclarse con líneas de oxígeno justo antes de la boquilla de distribución.

10 La cantidad total de oxígeno agregada en la zona de reducción de alquitrán puede estar en un rango de aproximadamente 0 a aproximadamente 75 lb-moles por tonelada de carga de material carbonoso sobre una base seca. En diversos aspectos, las cantidades de oxígeno molecular suministradas a la zona de reducción de alquitrán puede incluir un rango seleccionado de: 0 a 2.5, 0 a 25, 0 a 37.5, 2.5 a 5, 5 a 7.5, 7.5 a 10, 10 a 12.5, 12.5 a 15, 15 a 17.5, 17.5 a 20, 20 a 22.5, 22.5 a 25, 25 a 27.5, 27.5 a 30, 30 a 32.5, y 32.5 a 35 kg-moles por tonelada (0 a 5, 0 a 50, 0 a 75, 5 a 10, 10 a 15, 15 a 20, 20 a 25, 25 a 30, 30 a 35, 35 a 40, 40 a 45, 45 a 50, 50 a 55, 55 a 60, 60 a 65, y 65 a 70 lb-moles por tonelada) de carga de material carbonoso sobre una base seca.

15 En un aspecto de dicho aparato de gasificación, la presión se mantiene a una presión negativa (subatmosférica) para evitar la fuga de gas de síntesis inflamable y tóxico hacia el entorno. Sin embargo, esta acción conduce a fugas de aire en el gasificador, por ejemplo, alrededor de las deshornadotas y puertas de movimiento. Dicha fuga de aire puede provocar la pérdida de gas de síntesis crudo. También provocar una dilución del gas de síntesis crudo. Por lo tanto, es necesario un control cuidadoso del tiro del gasificador para reducir la fuga de aire. El tiro del gasificador se puede controlar a una presión negativa (subatmosférica) en un rango de 0.25 a 12.7 mm (0.01 a 0.50 pulgadas) de agua. Una forma de lograr esto es al establecer manualmente una velocidad de un ventilador (para controlar la temperatura del gas de síntesis caliente) y ajustar las tasas de carga de sólidos y oxígeno para controlar el tiro. El control de tiro también se puede lograr con control de flujo de uno o más de dióxido de carbono y vapor debajo del lecho de material carbonoso. En un aspecto, por ejemplo, durante la puesta en marcha, la presión puede ser atmosférica o mayor que atmosférica.

20 El aire admitido con la carga de material carbonoso se puede reducir utilizando un alimentador de tornillo que comprime la carga de material carbonoso. El aire admitido con la carga de material carbonoso también se puede reducir utilizando tolvas de bloqueo purgadas. En un aspecto, por ejemplo, durante la puesta en marcha, se puede permitir una fuga de aire.

25 En un aspecto, un gas que contiene metano tal como el gas natural se introduce en una o más de la zona de gasificación, la zona de combustión y la zona de reducción de alquitrán especialmente con el fin de facilitar la puesta en marcha.

30 El material carbonoso cargado en el gasificador puede incluir la selección de: material carbonoso, producto líquido carbonoso, reciclado líquido industrial carbonoso, residuos sólidos urbanos carbonosos (MSW o msw), residuos urbanos carbonosos, material agrícola carbonoso, material forestal carbonoso, residuos de madera carbonosa, material de construcción carbonoso, material vegetativo carbonoso, residuos industriales carbonosos, residuos de fermentación carbonosa, coproductos petroquímicos carbonosos, coproductos de producción de alcohol carbonoso, carbón carbonoso, llantas, plásticos, plástico de desecho, alquitrán de horno de coque, fibersoft, lignina, licor negro, polímeros, polímeros residuales, residuo sólido municipal (MSW o msw), residuos urbanos carbonosos, material agrícola carbonoso, material forestal carbonoso, residuos de madera carbonosa, material de construcción carbonoso, material vegetativo carbonoso, residuos industriales carbonosos, residuos de fermentación carbonosa, coproductos petroquímicos carbonosos, coproductos de producción de alcohol carbonoso, carbón carbonoso, llantas, plásticos, plástico de desecho, alquitrán de horno de coque, fibersoft, lignina, licor negro, polímeros, polímeros residuales, tereftalato de polietileno (PETA), poliestireno (PS), lodo de aguas residuales, desecho animal, residuos de cosecha, cultivos energéticos, residuos de procesamiento forestal, residuos de procesamiento de madera, desechos de ganado, desechos de aves de corral, residuos de procesamiento de alimentos, desechos de procesos fermentativos, coproductos de etanol, grano gastado, microorganismos gastados, o sus combinaciones.

35 En un aspecto, dicho material carbonoso incluye agua. En un aspecto, dicho material carbonoso incluye menos de aproximadamente 50% en peso de agua. En un aspecto, dicho material carbonoso incluye menos de aproximadamente 25% en peso de agua. En un aspecto dicho material carbonoso incluye menos de aproximadamente 15% en peso de agua. En un aspecto, el contenido de humedad de dicho material carbonoso se reduce mediante presecado.

40 En un aspecto, dicho material carbonoso incluye más de aproximadamente 25% en peso de carbono sobre una base seca o libre de agua. En un aspecto dicho material carbonoso incluye más de aproximadamente 50% en peso de carbono sobre una base seca o libre de agua. En un aspecto, dicho material carbonoso incluye oxígeno en el rango de aproximadamente 0 a aproximadamente 50% en peso de oxígeno sobre una base seca o libre de agua. En un aspecto dicho material carbonoso incluye hidrógeno en el rango de aproximadamente 0 a aproximadamente 25% en peso de hidrógeno sobre una base seca o libre de agua. En un aspecto, dicho material carbonoso incluye menos de

aproximadamente 25% en peso de ceniza sobre una base seca o libre de agua. En un aspecto dicho material carbonoso incluye menos de aproximadamente 15% en peso de ceniza sobre una base seca o libre de agua.

5 En diversos aspectos, la temperatura en una o más de la zona de gasificación y zona de combustión se puede seleccionar de rangos de temperatura: 260-270°C, 270-280°C, 280-290°C, 290-300°C, 300-310°C, 310-320°C, 320-330°C, 330-340°C, 340-350°C, 350-360°C, 360-370°C, 370-380°C, 380-390°C, 390-400°C, 400-410°C, 410-420°C, 420-430°C, 430-440°C, 440-450°C, 450-460°C, 460-470°C, 470-480°C, 480-490°C, 490-500°C, 500-510°C, 520-530°C, 530-540°C, 540-550°C, 550-560°C, 560-570°C, 570-580°C, 580-590°C, 590-600°C, 600-610°C, 610-620°C, 620-630°C, 630-640°C, 640-650°C, 650-660°C, 660-670°C, 670-680°C, 680-690°C, 690-700°C, 700-710°C, 710-720°C, 720-730°C, 730-740°C, 740-750°C, 750-760°C, 760-770°C, 770-780°C, 780-790°C, y 790-800°C.

15 En diversos aspectos, la temperatura en una o más de las soleras de gasificación y las soleras de combustión se puede seleccionar de rangos de temperatura: 260-270°C, 270-280°C, 280-290°C, 290-300°C, 300-310°C, 310-320°C, 320-330°C, 330-340°C, 340-350°C, 350-360°C, 360-370°C, 370-380°C, 380-390°C, 390-400°C, 400-410°C, 410-420°C, 420-430°C, 430-440°C, 440-450°C, 450-460°C, 460-470°C, 470-480°C, 480-490°C, 490-500°C, 500-510°C, 520-530°C, 530-540°C, 540-550°C, 550-560°C, 560-570°C, 570-580°C, 580-590°C, 590-600°C, 600-610°C, 610-620°C, 620-630°C, 630-640°C, 640-650°C, 650-660°C, 660-670°C, 670-680°C, 680-690°C, 690-700°C, 700-710°C, 710-720°C, 720-730°C, 730-740°C, 740-750°C, 750-760°C, 760-770°C, 770-780°C, 780-790°C, y 790-800°C.

20 En un aspecto, las temperaturas en la zona de gasificación y la zona de combustión son las mismas. En un aspecto, temperaturas en la zona de gasificación y la zona de combustión son diferentes. En un aspecto, la temperatura en la zona de combustión es mayor que la temperatura en la zona de gasificación. En un aspecto, las temperaturas en todas las soleras en la zona de gasificación y la zona de combustión son las mismas. En un aspecto, diferentes soleras se mantienen a diferentes temperaturas. En un aspecto, la temperatura en una o más soleras de combustión puede ser mayor que la temperatura en una o más soleras de gasificación. En un aspecto la temperatura aumenta desde la solera de entrada de la zona de gasificación hasta la solera de salida de la zona de combustión.

30 En diversos aspectos, la temperatura en la zona de reducción de alquitrán se puede seleccionar de rangos de temperatura: 900-910°C, 910-920°C, 920-930°C, 930-940°C, 940-950°C, 950-960°C, 960-970°C, 970-980°C, 980-990°C, 990-1000°C, 1000-1010°C, 1010-1020°C, 1020-1030°C, 1030-1040°C, 1040-1050°C, 1050-1060°C, 1060-1070°C, 1070-1080°C, 1080-1090°C, 1090-1100°C, 1100-1110°C, 1110-1120°C, 1120-1130°C, 1130-1140°C, 1140-1150°C, 1150-1160°C, 1160-1170°C, 1170-1180°C, 1180-1190°C, 1190-1200°C, 1200-1210°C, 1210-1220°C, 1220-1230°C, 1230-1240°C, 1240-1250°C, 1250-1260°C, 1260-1270°C, 1270-1280°C, 1280-1290°C, 1290-1300°C, 1300-1310°C, 1310-1320°C, 1320-1330°C, 1330-1340°C, 1340-1350°C, 1350-1360°C, 1360-1370°C, 1370-1380°C, 1380-1390°C, 1390-1400°C, 1400-1410°C, 1410-1420°C, 1420-1430°C, 1430-1440°C, 1440-1450°C, 1450-1460°C, 1460-1470°C, 1470-1480°C, 1480-1490°C, 1490-1500°C, 1500-1510°C, 1510-1520°C, 1520-1530°C, 1530-1540°C, 1540-1550°C, 1550-1560°C, 1560-1570°C, 1570-1580°C, 1580-1590°C, 1590-1600°C, 1600-1610°C, 1610-1620°C, 1620-1630°C, 1630-1640°C, 1640-1650°C, 1650-1660°C, 1660-1670°C, 1670-1680°C, 1680-1690°C, 1690-1700°C, 1700-1710°C, 1710-1720°C, 1720-1730°C, 1730-1740°C, 1740-1750°C, 1750-1760°C, 1760-1770°C, 1770-1780°C, 1780-1790°C, 1790-1800°C, 1800-1810°C, 1810-1820°C, 1820-1830°C, 1830-1840°C, 1840-1850°C, 1850-1860°C, 1860-1870°C, 1870-1880°C, 1880-1890°C, 1890-1900°C, 1900-1910°C, 1910-1920°C, 1920-1930°C, 1930-1940°C, 1940-1950°C, 1950-1960°C, 1960-1970°C, 1970-1980°C, 1980-1990°C, 1990-2000°C.

45 Se describen aspectos específicos de la presente divulgación con referencia a la Figuras 1 a 4. De esta manera la Figura 1 proporciona un diagrama esquemático de un aparato (10) de gasificación que incluye una zona (103) de gasificación que comprende una solera de gasificación y una zona (200) de combustión que comprende una solera de combustión. La carga (101) de material carbonoso se introduce en la zona de gasificación. Un primer gas (102) que contiene oxígeno molecular se suministra a la zona de gasificación. Un primer producto gaseoso se produce en la zona de gasificación. La porción no convertida de material carbonoso se transfiere desde la zona de gasificación hasta la zona de combustión. Un segundo gas (202) que contiene oxígeno molecular se suministra a la zona de combustión. Un segundo producto gaseoso se produce en la zona de combustión. Se elimina la ceniza (205) sólida de la zona de combustión. El primer y segundo productos gaseosos se combinan para producir una corriente (105) de gas de síntesis que se elimina de la zona de gasificación.

55 La Figura 2 presenta un diagrama esquemático de aparato (10) de gasificación en el que la zona de gasificación incluye cuatro soleras de gasificación: solera-I, es decir solera (310) de entrada, solera-II (320), solera-III (330), y solera-IV (340). La carga (101) de material carbonoso se introduce en la zona de gasificación en la solera-I (solera de entrada). Dentro de la zona de gasificación, el sólido de la solera-I, es decir solera de entrada, se transfiere a la solera-II; el sólido de la solera-II se transfiere a la solera-III; y el sólido de la solera-III se transfiere a la solera-IV. El sólido que comprende la porción no convertida de material carbonoso se transfiere de la solera-IV de zona de gasificación en la zona (230) de combustión. Un primer gas que contiene oxígeno molecular se suministra a diferentes soleras de gasificación a través de las entradas 111, 121, 131, y 141 de gas que se unen a la solera-I, solera-II, solera-III, y solera-IV respectivamente. En un aspecto, el gas que no contiene oxígeno molecular se introduce en la solera-I (solera de entrada). Un segundo gas que contiene oxígeno molecular se suministra a la zona de combustión a través de la entrada 202 de gas. Se elimina la ceniza (205) sólida de la zona de combustión.

Se pueden facilitar uno o más dispositivos mecánicos (no mostrados en el diagrama) tal como deshornadoras de transferencia para facilitar el movimiento de sólidos desde una solera a la siguiente o desde una zona a la siguiente, por ejemplo, en la Figura 2, desde la solera-I hasta la solera-II, desde la solera-II hasta la solera-III, desde la solera-III hasta la solera-IV, desde la solera-IV de la zona de gasificación hasta la zona de combustión. En un aspecto, no se utiliza la deshornadora de transferencia en la solera-I, la solera de entrada, en la que el sólido se empuja en la siguiente solera al cargar más sólido cargado (material carbonoso).

La Figura 3 presenta un diagrama esquemático de un aspecto del aparato (10) de gasificación en el que la zona (123) de gasificación incluye cuatro soleras: solera-I, es decir solera (410) de entrada, solera-II (420), solera-III (430), y solera-IV (440). La zona (232) de combustión incluye dos soleras: solera-V (416), y solera de salida, solera-VI (220). La carga (101) de material carbonoso se introduce en la zona de gasificación en la solera-I (solera de entrada). Dentro de la zona de gasificación, el sólido de la solera-I, es decir solera de entrada, se transfiere a la solera-II; el sólido de la solera-II se transfiere a la solera-III; y el sólido de la solera-III se transfiere a la solera-IV. El sólido que comprende la porción no convertida de material carbonoso se transfiere de la solera-IV de zona de gasificación en la solera-V de la zona de combustión. Dentro de la zona de combustión, el sólido de la solera-V se transfiere a la solera-VI (solera de salida). Un primer gas que contiene oxígeno molecular se suministra a diferentes soleras de gasificación a través de las entradas 411, 421, 431, y 441 de gas que se unen a la solera-I, solera-II, solera-III, y solera-IV respectivamente. En un aspecto, el gas que no contiene oxígeno molecular se introduce en la solera-I (solera de entrada). Un segundo gas que contiene oxígeno molecular se suministra a diferentes soleras de gasificación a través de las entradas 511, y 521 de gas que se unen a la solera-V, y solera-VI (solera de salida) respectivamente. Se elimina la ceniza (205) sólida de la solera VI (solera de salida) de la zona de combustión.

Uno o más dispositivos mecánicos (no mostrados en el diagrama) tal como deshornadoras de transferencia se pueden utilizar para facilitar el movimiento del sólido desde una solera hasta la siguiente o desde una zona hasta la siguiente, por ejemplo en la Figura 3, desde la solera-I hasta la solera-II, desde la solera-II hasta la solera-III, desde la solera-III hasta la solera-IV, desde la solera-IV de la zona de gasificación hasta la solera-V de la zona de combustión, y desde la solera-V hasta la solera-VI. En un aspecto, no se utiliza deshornadora de transferencia en la solera-I, la solera de entrada, en la que el sólido se empuja en la siguiente solera al cargar más sólido cargado (material carbonoso).

La Figura 4 presenta un diagrama esquemático de un aspecto del aparato (13) de gasificación que comprende una zona (143) de gasificación, zona (500) de combustión, y una zona (400) de reducción de alquitrán en el que la zona (143) de gasificación incluye cinco soleras: solera-I, es decir solera (110) de entrada, solera-II (120), solera-III (130), solera IV (140), y solera-V (150). La carga (101) de material carbonoso se introduce en la zona de gasificación en la solera-I. Dentro de la zona de gasificación, el sólido de la solera-I, es decir solera de entrada, se transfiere a la solera-II; el sólido de la solera-II se transfiere a la solera-III; el sólido de la solera-III se transfiere a la solera-IV, y el sólido de la solera-IV se transfiere a la solera-V. El sólido que comprende la porción no convertida de material carbonoso se transfiere de la solera-V de zona de gasificación en la zona (500) de combustión. Un primer gas que contiene oxígeno molecular se suministra a diferentes soleras de gasificación a través de las entradas 611, 621, 631, 641, y 651 de gas que se unen a la solera-I, solera-II, solera-III, solera-IV, y solera-V respectivamente. En un aspecto, el gas que no contiene oxígeno molecular se introduce en la solera-I. Un segundo gas que contiene oxígeno molecular se suministra a la zona de combustión a través de la entrada 202 de gas.

El producto gaseoso de la zona de combustión se transfiere a la zona de gasificación y se combina con el producto gaseoso de la zona de gasificación para producir una corriente de gas de síntesis (no mostrada en el diagrama) que se pasa a través de una zona (300) de conexión o tragante en la zona (400) de reducción de alquitrán. Un tercer gas que contiene oxígeno molecular se introduce en el tragante a través de la entrada 301 de gas en la que se mezclan la corriente de gas de síntesis y el tercer gas que contiene oxígeno. En un aspecto, el tercer gas que contiene oxígeno molecular se introduce directamente en la zona de reducción de alquitrán (no mostrada en el diagrama). En un aspecto, el tercer gas que contiene oxígeno molecular se introduce en el tragante, así como también en la zona de reducción de alquitrán (no mostrada en el diagrama). La mezcla de gas de síntesis crudo y gas que contiene oxígeno se somete a tratamiento con calor en la zona de reducción de alquitrán. De esta manera se produce un gas de síntesis caliente y se elimina una corriente de gas (405) de síntesis caliente de la zona de reducción de alquitrán.

## Ejemplos

### Ejemplo 1:

Se utilizó un aparato de gasificación que comprende una zona de gasificación, una zona de combustión y zona de destrucción de alquitrán en este ejemplo. La carga de material carbonoso se introdujo en la zona de gasificación. Se suministró un primer gas que contenía oxígeno molecular a la zona de gasificación a la tasa de aproximadamente 5 a aproximadamente 7.5 kg-moles por tonelada (10 a aproximadamente 15 lb-moles por tonelada) de material carbonoso libre de agua para gasificar una porción del material carbonoso y producir un primer producto gaseoso.

El material carbonoso restante de la zona de gasificación se envió a la zona de combustión en la que se suministró un segundo gas que contenía oxígeno molecular a la tasa de aproximadamente 5 a aproximadamente 7.5 kg-moles

por tonelada (10 a aproximadamente 15 lb-moles por tonelada) de material carbonoso libre de agua para gasificar la porción adicional de material carbonoso y para producir un segundo producto gaseoso.

5 Se combinaron el primer y segundo productos gaseosos para producir un gas de síntesis crudo que se dejó ingresar a una zona de destrucción de alquitrán. Se suministró un tercer gas que contenía oxígeno molecular a la zona de destrucción de alquitrán a la tasa de aproximadamente 10 a aproximadamente 15 kg-moles por tonelada (20 a aproximadamente 30 lb-moles por tonelada) de material carbonoso libre de agua. Se produjo un gas de síntesis caliente y se eliminó de la zona de destrucción de alquitrán.

10 También se cargó la zona de gasificación con una corriente de dióxido de carbono a la tasa de aproximadamente 5 a aproximadamente 7.5 kg-moles por tonelada (10 a aproximadamente 15 lb-moles por tonelada) de material carbonoso libre de agua. La zona de combustión se cargó con una corriente de dióxido de carbono a la tasa de aproximadamente 1 a aproximadamente 2.5 kg-moles por tonelada (2 a aproximadamente 5 lb-moles por tonelada) de material carbonoso libre de agua.

15 Adicionalmente, aproximadamente 10 a aproximadamente 15 kg-moles por tonelada (20 a aproximadamente 30 lb-moles) de aire por tonelada de material carbonoso libre de agua ingresaron en el proceso de gasificación debido a fuga.

20 Para una relación de entrada de oxígeno a la zona de combustión a entrada de oxígeno total en la gasificación y la zona de combustión en el rango de aproximadamente 0.4 a aproximadamente 0.6, la conversión de contenido de material orgánico o gasificable o volátil de material carbonoso estuvo por encima del 90% y en general en el rango de aproximadamente 95 a aproximadamente 98%. La relación del contenido de carbono de la ceniza residual producida con el contenido de carbono de carga de material carbonoso fue menor de aproximadamente 0.1 y en general en el rango de aproximadamente 0.04 a aproximadamente 0.10. La relación de CO/CO<sub>2</sub> en el gas de síntesis caliente producido fue mayor de aproximadamente 0.75; la relación de CO/H<sub>2</sub> en el gas de síntesis caliente producido fue mayor de 1.5; la relación de CO/(CO+CO<sub>2</sub>) fue mayor de aproximadamente 0.4.

25  
30 Para una relación de entrada de oxígeno a la zona de combustión a entrada de oxígeno total en la gasificación y zona de combustión menor de aproximadamente 0.4, la conversión de contenido de material orgánico o gasificable o volátil de material carbonoso fue aproximadamente 82%. La relación del contenido de carbono de la ceniza residual producida con el contenido de carbono de carga de material carbonoso fue de aproximadamente 0.3.

35 Aunque la invención aquí divulgada se ha descrito por medio de realizaciones específicas, ejemplos y aplicaciones de la misma, los expertos en la técnica podrían realizar numerosas modificaciones y variaciones sin apartarse del alcance de la invención establecida en las reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

1. Un proceso para gasificación de un material carbonoso por ejemplo en el que dicho material carbonoso se selecciona del grupo que consiste de material carbonoso, producto líquido carbonoso, reciclado líquido industrial carbonoso, residuos sólidos urbanos carbonosos (MSW o msw), residuos urbanos carbonosos, material agrícola carbonoso, material forestal carbonoso, residuos de madera carbonosa, material de construcción carbonoso, material vegetativo carbonoso, residuos industriales carbonosos, residuos de fermentación carbonosa, coproductos petroquímicos carbonosos, coproductos de producción de alcohol carbonoso, carbón carbonoso, llantas, plásticos, plástico de desecho, alquitrán de horno de coque, fibersoft, lignina, licor negro, polímeros, polímeros residuales, tereftalato de polietileno (PETA), poliestireno (PS), lodo de aguas residuales, desecho animal, residuos de cosecha, cultivos energéticos, residuos de procesamiento forestal, residuos de procesamiento de madera, desechos de ganado, desechos de aves de corral, residuos de procesamiento de alimentos, desechos de procesos fermentativos, coproductos de etanol, grano gastado, microorganismos gastados, y mezclas de los mismos, para producir un gas de síntesis caliente, dicho proceso comprende:
- (a) poner en contacto dicho material carbonoso con un primer gas que contiene oxígeno molecular y opcionalmente con uno o más de vapor y CO<sub>2</sub> en una zona de gasificación de lecho móvil para gasificar una porción de dicho material carbonoso y para producir un primer producto gaseoso;
- (b) poner en contacto una porción restante de dicho material carbonoso con un segundo gas molecular que contiene oxígeno y opcionalmente con uno o más de vapor y CO<sub>2</sub> en una zona de combustión para gasificar una porción adicional de dicho material carbonoso y para producir un segundo producto gaseoso y una ceniza sólida que comprende carbono;
- (c) combinar dicho primer producto gaseoso y dicho segundo producto gaseoso para producir un gas de síntesis crudo que comprende monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y alquitrán; y
- (d) poner en contacto dicho gas de síntesis crudo con un tercer gas que contiene oxígeno molecular en una zona de destrucción de alquitrán para producir dicho gas de síntesis caliente, dicha zona de reducción de alquitrán se conecta a la zona de gasificación y/o zona de combustión a través de una o más zonas de conexión o tragantes, y dicho tercer gas que contiene oxígeno molecular se introduce en la zona de reducción de alquitrán a través de una o más entradas de gas unidas a dicha una o más zonas de conexión,
- en las que una relación molar de CO/CO<sub>2</sub> en dicho gas de síntesis caliente es mayor de aproximadamente 0.75 y la relación de contenido de carbono de ceniza sólida con el contenido de carbono de carga de material carbonoso es menor de aproximadamente 0.1, tal como menor de 0.05, por ejemplo, menor de 0.01, dicho contenido de carbono se mide de acuerdo a ASTM D6316.
2. El proceso de la reivindicación 1 en el que contenido de carbono de dicha ceniza sólida es menor de 10% por ejemplo menor de 5 por ciento en peso.
3. El proceso de la reivindicación 1 en el que la masa de oxígeno total por unidad de masa de carbono total en la carga de material carbonoso que entra en la zona de gasificación es menor que la masa de oxígeno total por unidad de masa de carbono total en una porción no convertida de carga de material carbonoso que entra en la zona de combustión.
4. El proceso de la reivindicación 1 en el que una o más de dichas soleras de gasificación logran el precalentamiento de dicho material carbonoso mediante intercambio de calor con uno o más de dicho primer producto gaseoso y segundo producto gaseoso.
5. El proceso de la reivindicación 1 en el que la relación de la cantidad total del oxígeno molecular contenido en el primer gas que contiene oxígeno molecular y el segundo gas que contiene oxígeno molecular con la cantidad total de oxígeno molecular requerida para oxidar completamente todo el carbono contenido en la carga de material carbonoso con el dióxido de carbono está en un rango de 0.1 a 0.9.
6. El proceso de la reivindicación 1 en el que oxígeno molecular se introduce en la zona de gasificación y zona de combustión a una tasa de 0 a 37.5 mol por kg (0 a 75 lb-mol por tonelada) de material carbonoso sobre una base seca.
7. El proceso de la reivindicación 1 en el que una temperatura de la zona de gasificación y zona de combustión no es mayor de 800°C.

FIG. 1

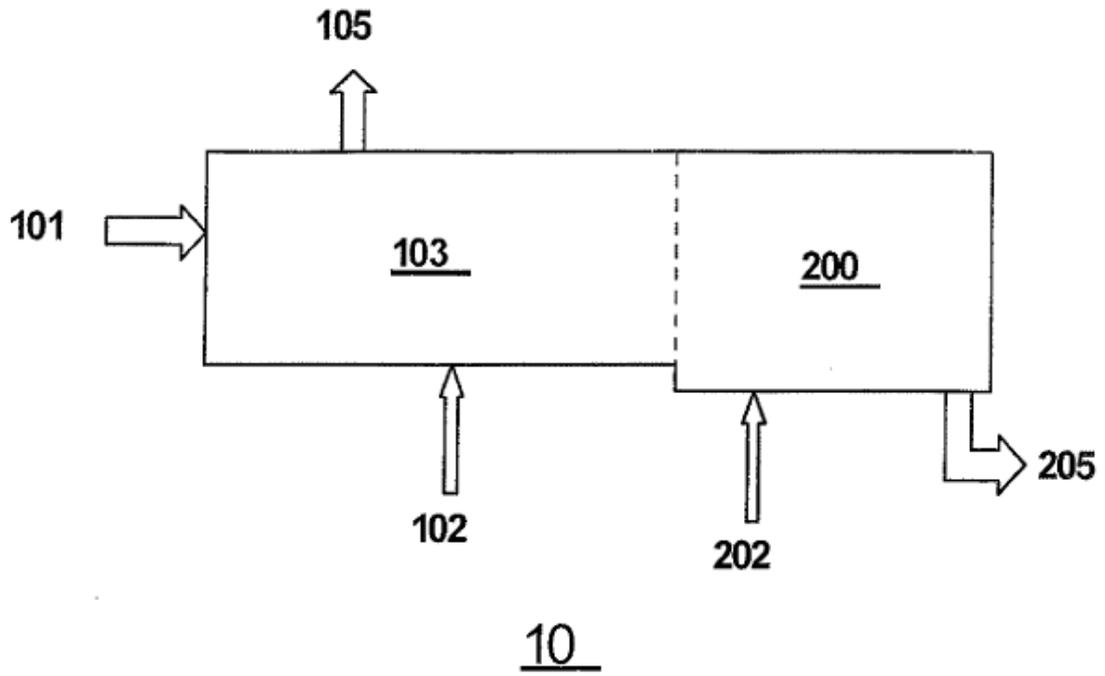


FIG. 2

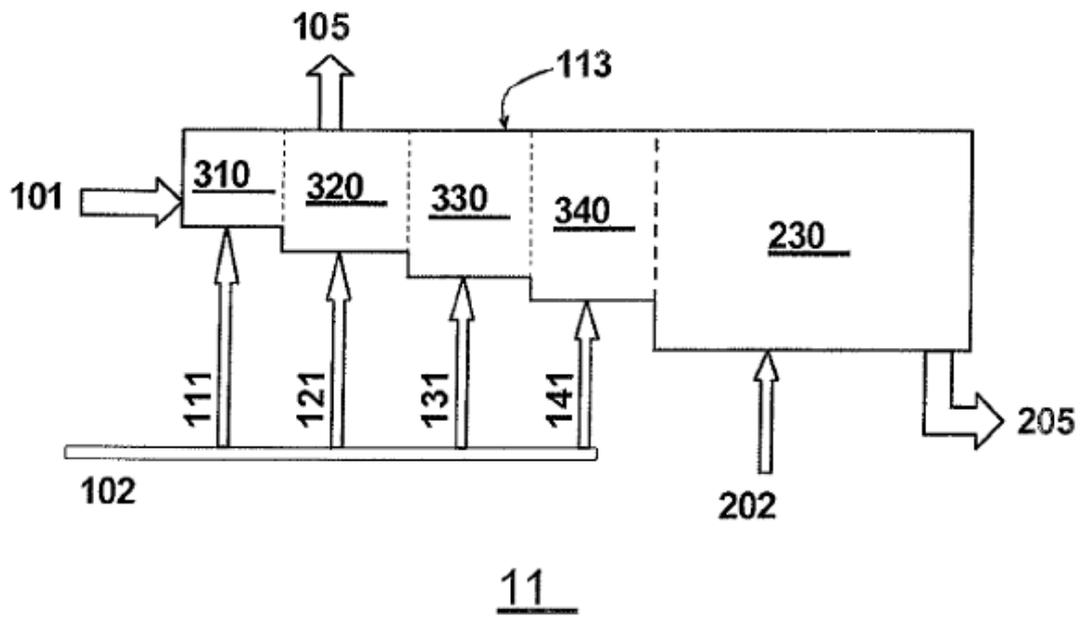


FIG. 3

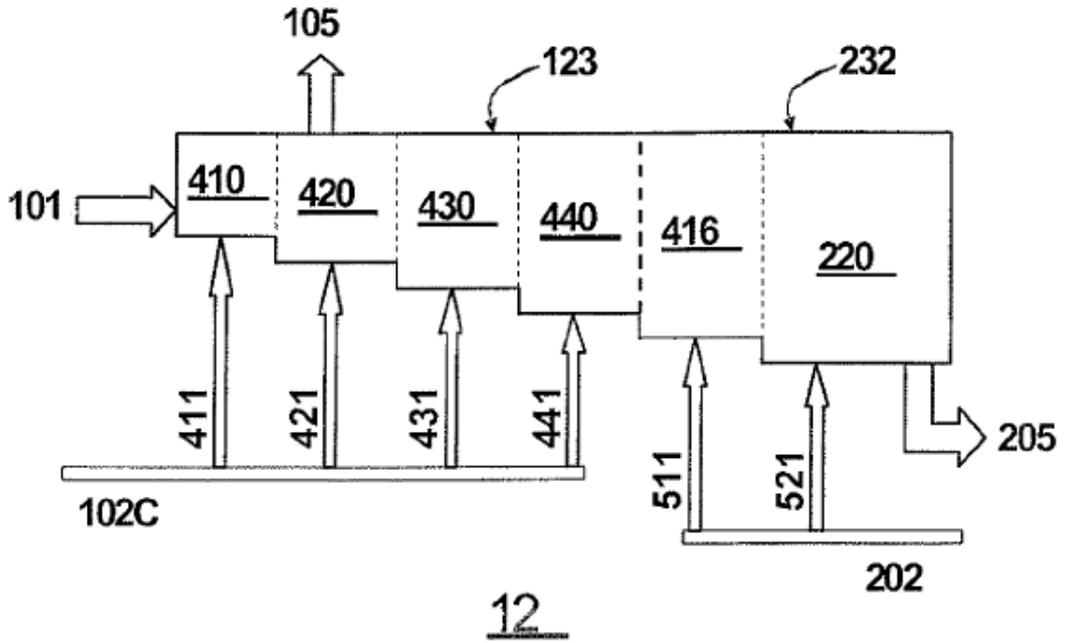


FIG. 4

