

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 221**

51 Int. Cl.:

C10J 3/72 (2006.01)

C10K 1/02 (2006.01)

C10J 3/84 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.04.2012 PCT/US2012/032168**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.03.2013 WO13032537**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.04.2012 E 12715788 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018 EP 2694624**

54 Título: **Procedimiento de operación de un proceso para producir sintegás a partir de material carbonoso**

30 Prioridad:

06.04.2011 US 201161516704 P

06.04.2011 US 201161516667 P

06.04.2011 US 201161516646 P

22.03.2012 US 201213427247

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

09.04.2019

73 Titular/es:

JUPENG BIO (HK) LIMITED (100.0%)

1/F, Hing Lung Commercial Building 68-74

Bonham Strand Sheung Wan

Hong Kong, CN

72 Inventor/es:

KO, CHING-WHAN;

SLAPE, MICHAEL SEAN;

BELL, PETER S y

OCFEMIA, KIM

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 708 221 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

Procedimiento de operación de un proceso para producir sintegás a partir de material carbonoso

5 Se proporciona un proceso para la gasificación de materiales carbonosos para producir gas pobre o gas de síntesis o sintegás que comprende monóxido de carbono e hidrógeno. Más específicamente, el proceso es eficaz para producir sintegás enfriado para uso más adelante. El proceso utiliza la gasificación de materiales carbonosos para producir un sintegás seguido del enfriamiento de dicho sintegás para producir sintegás enfriado, y opcionalmente la
10 limpieza de dicho sintegás enfriado para producir un sintegás limpio para varios procesos más adelante.

ANTECEDENTES

15 La gasificación de materiales carbonosos para producir gas pobre o gas de síntesis o sintegás que comprende monóxido de carbono e hidrógeno es bien conocida en la técnica. Típicamente, tal proceso de gasificación implica una oxidación parcial u oxidación desprovista de aire de material carbonoso en que se suministra una cantidad subestequiométrica de oxígeno al proceso de gasificación para promover la producción de monóxido de carbono, como se divulga en la solicitud de patente PCT n.º WO 93/018341. Los productos gaseosos producidos por la oxidación parcial de materiales carbonosos se tratan a menudo en una unidad de tratamiento térmico a alta temperatura, p. ej. para la destrucción de alquitrán. Véase por ejemplo el documento WO 2009/154788 que divulga
20 un gasificador en dos pasos en que se alimenta material carbonoso al primer paso en el que puede inyectarse aire, aire enriquecido en oxígeno u oxígeno puro a una tasa controlada. La temperatura y entrada de oxígeno del primer paso se controlan de tal modo que ocurre solo una oxidación parcial del material carbonoso. Se desplaza el producto gaseoso del primer paso al segundo paso (unidad de tratamiento térmico). Se introduce oxígeno puro en el segundo paso para lograr el craqueo y oxidación parcial de cualquier alquitrán contenido en la corriente gaseosa del primer paso. Se retira el sintegás de producto del segundo paso.

El documento DE 4035293 divulga un procedimiento para poner en marcha un gasificador disminuyendo la cantidad de oxígeno proporcionada al gasificador después de haber llegado a una primera temperatura.

30 Los documentos US2010/0180503 y US 6.033.447 proporcionan ejemplos de procedimientos de puesta en marcha de un gasificador.

El documento US 2010/0090166 proporciona un ejemplo de reciclaje de gas de síntesis enfriado como gas refrigerante para el gas que deja el gasificador.

35 El sintegás producido por procesos de gasificación descritos en la técnica puede estar caliente y necesita enfriamiento antes del procesamiento más adelante. La recuperación y uso de este contenido de calor del sintegás caliente puede ser muy importante para la economía del proceso. El sintegás caliente que comprende monóxido de carbono generado en aparatos de gasificación se enfría en un intercambiador de calor o caldera de recuperación más adelante del aparato de gasificación. Véanse por ejemplo la patente de EE. UU. n.º 6.435.139; la patente de EE. UU. n.º 7.587.995 y la patente de EE. UU. n.º 7.552.701.

45 En un entorno reductor a alta temperatura, el monóxido de carbono es un producto estable. Sin embargo, cuando se enfría el monóxido de carbono, el monóxido de carbono puede oxidarse a dióxido de carbono y producir carbono (grafito) que precipita como hollín:



50 Esta reacción es generalmente conocida como reacción de Boudouard y se cree que tiene lugar a o por debajo de aproximadamente 760 °C. La incrustación de la superficie de transferencia térmica causada por el depósito de carbono puede causar la interrupción de la operación de un enfriador de sintegás. Por lo tanto, es importante eliminar o reducir la incrustación del enfriador de sintegás.

55 El azufre en la materia carbonosa se transforma en H₂S en un modo de operación reductivo, en SO₂ en un modo de operación oxidativo. Es ventajoso elaborar SO₂ durante la puesta en marcha de modo que pueda depurarse fácilmente antes de la eliminación.

60 Existe la necesidad de un procedimiento de operación de un proceso que comprenda gasificar material carbonoso en un aparato de gasificación para producir sintegás que comprende monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂) y enfriar dicho sintegás en un enfriador de sintegás de modo que se reduzca o elimine la incrustación o formación de depósitos de carbono.

SUMARIO

65 Se proporciona un proceso no según la invención para producir sintegás que es eficaz para uso en procesos más adelante. El proceso para producir sintegás incluye hacer funcionar un aparato de gasificación en modo de puesta

en marcha hasta que el aparato de gasificación y el equipo más adelante del aparato de gasificación se calientan adecuadamente hasta una primera temperatura diana. Tras llegar a una primera temperatura diana, se hace funcionar entonces el proceso en modo de producción para producir un segundo sintegás con una mayor relación molar de CO/CO₂. La operación en modo de puesta en marcha hasta llegar a una primera temperatura diana proporciona un proceso que es eficaz para reducir la incrustación en el equipo más adelante y para proporcionar un segundo sintegás que pueda enfriarse y limpiarse más eficazmente. El segundo sintegás con una mayor relación molar de CO/CO₂ que se enfría y limpia es especialmente útil para procesos de fermentación.

El proceso para producir sintegás incluye gasificar material carbonoso para proporcionar un primer sintegás que tiene una relación molar de CO a CO₂ de menos de aproximadamente 0,5 hasta que el primer sintegás llega a una primera temperatura diana. Tras llegar a la primera temperatura diana, se gasifica el material carbonoso para proporcionar un segundo sintegás que tiene una relación molar de CO a CO₂ mayor que el primer sintegás. La gasificación del material carbonoso ocurre en un aparato de gasificación y se introduce oxígeno molecular a una tasa de aproximadamente 0 a aproximadamente 45,4 kg-mol (100 lb-mol) por 907 g (tonelada corta) de material carbonoso en base seca para proporcionar el primer sintegás. La temperatura del primer sintegás puede medirse en uno o más puntos dentro y/o más adelante del aparato de gasificación. Cuando la temperatura del primer sintegás en uno o más puntos dentro y/o fuera del aparato de gasificación llega a la primera temperatura diana, se introduce oxígeno molecular a una tasa de 0 a aproximadamente 45,4 kg-mol (100 lb-mol) por 907 kg (tonelada corta) de material carbonoso en base seca para proporcionar el segundo sintegás. En este aspecto, la primera temperatura diana es de aproximadamente 700 °C a aproximadamente 1000 °C.

En un aspecto, se pasa al menos una porción del primer sintegás a través de un enfriador de sintegás para producir un primer sintegás enfriado y se pasa al menos una porción del segundo sintegás a través de un enfriador de sintegás para producir un segundo sintegás enfriado. En este aspecto, se pasa el sintegás a través del enfriador de sintegás a una velocidad lineal de más de aproximadamente 24 metros por segundo. Se proporciona al menos una porción del primer sintegás a una unidad de oxidación térmica hasta que el primer sintegás llega a la primera temperatura diana.

Según la invención, se proporciona un proceso para producir sintegás que incluye añadir material carbonoso y oxígeno molecular a un aparato de gasificación para producir un primer sintegás con una relación molar de CO/CO₂ menor de 0,5. La temperatura del primer sintegás se mide más adelante del aparato de gasificación. La temperatura se mide antes de entrar en un enfriador de sintegás. Una vez el sintegás llega a una primera temperatura antes de entrar en un enfriador de sintegás, se reduce la adición de oxígeno molecular por unidad de masa de material carbonoso en el aparato de gasificación para producir un segundo sintegás con una relación molar de CO/CO₂ mayor que la de dicho primer sintegás. La primera temperatura diana puede ser de aproximadamente 700 °C a aproximadamente 1000 °C. La reducción de la adición de oxígeno molecular por unidad de masa de material carbonoso puede lograrse aumentando la tasa de adición de material carbonoso. Como alternativa, la reducción de la adición de oxígeno molecular por unidad de masa de material carbonoso puede lograrse disminuyendo la tasa de adición de oxígeno molecular.

Se pasa al menos una porción del primer sintegás a través del enfriador de sintegás para producir un primer sintegás enfriado y se pasa al menos una porción del segundo sintegás a través de un enfriador de sintegás para producir un segundo sintegás enfriado. Se mezcla al menos una porción del primer sintegás enfriado con una porción del primer sintegás antes de su paso a través de dicho enfriador de sintegás para producir el primer sintegás enfriado. Se mezcla al menos una porción del segundo sintegás enfriado con al menos una porción del segundo sintegás antes de su paso a través de dicho enfriador de sintegás para producir el segundo sintegás enfriado. La mezcla del primer sintegás enfriado y el primer sintegás que fluye a través del enfriador de sintegás tiene una velocidad lineal de más de aproximadamente 24 metros/segundos. La mezcla del segundo sintegás enfriado y el segundo sintegás que fluye a través del enfriador de sintegás tiene una velocidad lineal mayor de aproximadamente 24 metros/segundo.

En otro aspecto, puede añadirse uno o más de vapor y CO₂ al aparato de gasificación antes de la reducción de la adición de oxígeno molecular por unidad de masa de material carbonoso o antes de llegar a una primera temperatura diana. Cuando se realizan las adiciones antes de llegar a una primera temperatura diana, se añade menos de aproximadamente 22,7 kg-mol (50 lb-mol) de vapor por tonelada de material carbonoso en base seca o menos de aproximadamente 22,7 kg-mol (50 lb-mol) de CO₂ por tonelada de material carbonoso en base seca.

En otro aspecto no según la invención, se proporciona un proceso que incluye gasificar el material carbonoso en un aparato de gasificación para producir un sintegás limpio. El procedimiento incluye añadir material carbonoso y añadir oxígeno molecular al aparato de gasificación para producir un primer sintegás con una relación molar de CO/CO₂ menor de 0,5. Se pasa al menos una porción del primer sintegás a través del enfriador de sintegás para producir un primer sintegás enfriado. Se pasa al menos una porción del primer sintegás enfriado a través de un sistema de recogida de polvo para producir un sintegás limpio. Se mide la temperatura del sintegás limpio en una salida del sistema de recogida de polvo. Después de que la temperatura del sintegás limpio alcanza una segunda temperatura diana, se reduce la adición de oxígeno molecular por unidad de masa de material carbonoso en el aparato de gasificación para producir un segundo sintegás con una relación molar de CO/CO₂ mayor que la del primer sintegás.

En este aspecto, la segunda temperatura diana es de aproximadamente 100 °C a aproximadamente 200 °C. El proceso es eficaz para proporcionar un sintegás que tiene menos de aproximadamente 100 ppm de alquitranes.

5 En otro aspecto no según la invención, se proporciona un proceso para enfriar sintegás. El proceso incluye pasar un sintegás a través de un enfriador de sintegás para producir un sintegás enfriado, y reciclar al menos una porción del sintegás enfriado a una entrada del enfriador de sintegás para mantener una temperatura en la entrada del enfriador de sintegás de 760 °C o menos y a una velocidad lineal a través del enfriador de sintegás de al menos 24 metros por segundo.

10 BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

El anterior y otros aspectos, rasgos y ventajas de varios aspectos del proceso serán más evidentes a partir de los siguientes dibujos.

15 La Figura 1 es un diagrama esquemático de un aspecto de un proceso que incluye la gasificación de material carbonoso por tratamiento con oxígeno molecular en un aparato de gasificación para producir un sintegás caliente y el posterior enfriamiento de dicho sintegás caliente en un enfriador de sintegás para producir un sintegás enfriado.

20 La Figura 2 es un diagrama esquemático de un aspecto de un proceso que incluye la gasificación de material carbonoso por tratamiento con oxígeno molecular en un aparato de gasificación para producir un sintegás caliente y el posterior enfriamiento de dicho sintegás caliente para producir un sintegás enfriado; en el que se recicla al menos una parte de dicho sintegás enfriado y se mezcla con dicho sintegás caliente antes de entrar en el enfriador de sintegás.

25 La Figura 3 es un diagrama esquemático de un aspecto de un proceso que incluye la gasificación de material carbonoso por tratamiento con oxígeno molecular en un aparato de gasificación para producir un sintegás caliente y el posterior enfriamiento de dicho sintegás caliente en un enfriador de sintegás para producir un sintegás enfriado; en el que se recicla al menos una parte de dicho sintegás enfriado y se mezcla con dicho sintegás caliente antes de entrar en el enfriador de sintegás; y en el que el aparato de gasificación incluye dos zonas de reacción, p. ej., una zona de gasificación y una zona de tratamiento térmico conectadas a través de una zona de conexión.

30 La Figura 4 es un diagrama esquemático de un aspecto de un proceso que incluye la gasificación de material carbonoso por tratamiento con oxígeno molecular en un aparato de gasificación para producir un sintegás caliente y el posterior enfriamiento de dicho sintegás caliente en un enfriador de sintegás para producir un sintegás enfriado; en el que se recicla al menos una parte de dicho sintegás enfriado y se mezcla con dicho sintegás caliente antes de entrar en el enfriador de sintegás; en el que puede enviarse al menos una porción de uno o más de sintegás caliente y enfriado a una unidad de oxidación térmica; y en el que puede procesarse al menos una porción de dicho sintegás enfriado en un filtro de mangas.

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

45 DESCRIPCIÓN DETALLADA

Definiciones

50 A menos que se definan de otro modo, los siguientes términos como se usan a lo largo de esta memoria descriptiva para la presente divulgación se definen como sigue y pueden incluir las formas singular o plural de definiciones definidas a continuación:

55 El término "aproximadamente" que modifica cualquier cantidad hace referencia a la variación de esa cantidad hallada en condiciones del mundo real, p. ej. 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 el grado de cuidado empleados típicamente en la medida de una condición experimental en la planta de producción o laboratorio. Por ejemplo, la cantidad de un componente de un producto cuando se modifica por "aproximadamente" incluye la variación entre lotes en experimentos múltiples en la planta o el laboratorio y la variación inherente en el procedimiento analítico. Se modifiquen o no por "aproximadamente", las cantidades incluyen equivalentes a esas cantidades. Cualquier cantidad declarada en la presente memoria y modificada por "aproximadamente" puede emplearse también en la presente divulgación como la cantidad no modificada por "aproximadamente".

65 El término "filtro de mangas" o "filtro manga" significa el proceso o equipo diseñado para el uso de tubos de filtro de tela tratada, envolturas o cartuchos para la captura, separación o filtrado de partículas sólidas (partículas finas, polvo) contenidas en un gas. Los gases cargados de polvo o cargados de sólidos entran en el filtro de mangas y pasan a través de bolsas de tela que actúan como filtros. Las bolsas pueden ser de algodón tejido o de fieltro,

material sintético o de fibra de vidrio en forma de tubo o envoltura. Los tipos comunes de filtros de mangas incluyen de agitador mecánico, aire inverso y chorro inverso.

5 “Material carbonoso” como se usa en la presente memoria hace referencia a material rico en carbono tal como carbón y productos petroquímicos. Sin embargo, en esta memoria descriptiva, el material carbonoso incluye cualquier material de carbono tanto en estado sólido como líquido, gaseoso o de plasma. Entre los numerosos artículos que pueden considerarse material carbonoso, la presente divulgación contempla: material carbonoso, producto líquido carbonoso, reciclado líquido industrial carbonoso, residuos sólidos urbanos carbonosos (RSU o rsu), residuos urbanos carbonosos, material agrícola carbonoso, material forestal carbonoso, residuos de madera carbonosos, material de construcción carbonoso, material vegetativo carbonoso, residuos industriales carbonosos, residuos de fermentación carbonosos, coproductos petroquímicos carbonosos, coproductos de producción de alcohol carbonosos, carbón carbonoso, neumáticos, plásticos, plástico residual, alquitrán de horno de coque, Fibersoft, lignina, licor negro, polímeros, polímeros residuales, poli(tereftalato de etileno) (PETA), poliestireno (PS), lodos de depuradora, residuos animales, restos de cultivo, cultivos energéticos, restos de procesamiento forestal, restos de procesamiento de madera, residuos de ganadería, residuos de avicultura, restos de procesamiento de alimentos, residuos de procesos fermentativos, coproductos de etanol, grano gastado, microorganismos gastados o sus combinaciones.

20 El término “colector de polvo” o “sistema de recogida de polvo” significa un proceso o equipo diseñado para capturar, separar o filtrar partículas sólidas (partículas finas, polvo) contenidas en un gas. Un sistema de recogida de polvo consiste generalmente en un soplador, un filtro de polvo, un sistema de limpieza del filtro y un recipiente de polvo o sistema de retirada de polvo. Los tipos principales de colectores de polvo industriales incluyen separadores inerciales, filtros de tela o filtros de manga, depuradores húmedos, precipitadores electrostáticos y colectores unitarios.

25 El término "fibersoft" o "Fibersoft" o "fibrosoft" o "fibrousoft" significa un tipo de material carbonoso que se produce como resultado del reblandecimiento 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 autoclave con vapor de residuos urbanos, industriales, comerciales y médicos que da como resultado un material pastoso fibroso.

30 El término “residuos sólidos urbanos” o “RSU” o “rsu” significa un residuo que puede incluir residuos domésticos, comerciales, industriales y/o restantes.

35 El término “sintegás” o “gas sintético” significa gas de síntesis, que es el nombre dado a una mezcla gaseosa que contiene cantidades variables de monóxido de carbono e hidrógeno. Los ejemplos de procedimientos de producción incluyen reformado con vapor de gas natural o hidrocarburos para producir hidrógeno, gasificación de carbón y algunos tipos de instalaciones de gasificación de residuos a energía. El nombre proviene de su uso como intermedios en la creación de gas natural sintético (GNS) y para producir amoníaco o metanol. El sintegás comprende el uso como intermedio en la producción de petróleo sintético para uso como combustible o lubricante mediante la síntesis de Fischer-Tropsch y anteriormente el proceso de metanol a gasolina de Mobil. El sintegás consiste principalmente en hidrógeno, monóxido de carbono y algo de dióxido de carbono, y tiene menos de la mitad de densidad energética (es decir, contenido de BTU) del gas natural. El sintegás es inflamable y se usa a menudo como fuente de combustible o como intermedio para la producción de otros productos químicos.

45 “Tonelada” o “tonelada” hace referencia a la tonelada corta de EE. UU., es decir, aproximadamente 907,2 kg (2000 lb).

50 Como se usa en la presente memoria, el término “alquitrán” incluye, sin limitación, un alquitrán gaseoso, un alquitrán líquido, un alquitrán sólido, sustancias formadoras de alquitrán o mezclas de los mismos, que comprenden generalmente hidrocarburos y derivados de los mismos. Existe un gran número de procedimientos de medida de alquitrán bien conocidos que pueden utilizarse para medir alquitrán. Una gran familia de técnicas incluye procedimientos analíticos basados en la cromatografía en fase líquida o gaseosa acoplada con un detector. Los detectores más frecuentes en el caso de medida de alquitrán son el detector de ionización de llama (DIL) y el espectrómetro de masas. Otra familia de técnicas incluye procedimientos espectrométricos, que incluyen detectar y analizar un espectro. Este es, por ejemplo, de espectrometría infrarroja, ultravioleta (UV) o de luminiscencia y la técnica de LIBS (espectroscopía de descomposición inducida por láser). Es otra técnica para monitorizar los gases de combustión la espectrometría infrarroja FTIR (infrarroja de transformada de Fourier). Documentos variados mencionan esta técnica, tales como por ejemplo los documentos WO2006015660, WO03060480 y la patente de EE. UU. n.º 5.984.998.

60 Existen otros procedimientos electrónicos conocidos que permiten una monitorización continua de alquitrán. Estas técnicas incluyen detectores con celdas y sensores electroquímicos con semiconductores. Pueden utilizarse también diversas técnicas gravimétricas para las medidas de alquitrán. En un aspecto, la cantidad de alquitrán puede expresarse como ppm equivalentes de carbono. En este aspecto, el hidrocarburo puede ser benceno o un alcohol tal como metanol. En este aspecto, el equivalente de concentración de alquitrán o equivalentes de alquitrán

corresponden lo más preferiblemente a los ppm equivalentes (molares) de benceno. La concentración de alquitrán se mide provechosamente a la salida del aparato de gasificación y previamente a cualquier enfriamiento sustancial del sintegás.

5 Descripción detallada

La siguiente descripción no ha de tomarse en sentido limitante, sino que se realiza simplemente con el fin de describir los principios generales de realizaciones ejemplares. El alcance de la invención debería determinarse con referencia a las reivindicaciones.

10 Se proporciona un proceso de gasificación para producir sintegás que incluye gasificar material carbonoso en un aparato de gasificación para producir sintegás que incluye monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂) y enfriar dicho sintegás en un enfriador de sintegás o caldera de recuperación, y opcionalmente tratar adicionalmente el sintegás enfriado con productos químicos para retirar los contaminantes y tratar entonces adicionalmente el sintegás que contiene productos químicos en un sistema de recogida de polvo, p. ej. un filtro de mangas. El proceso incluye hacer funcionar el aparato de gasificación en modo de puesta en marcha con una tasa reducida de alimentación, opcionalmente con una alta entrada de oxígeno por unidad de masa de material carbonoso (p. ej., cantidad de oxígeno estequiométrica o casi estequiométrica o por encima de la estequiométrica) para producir un primer sintegás con un bajo contenido de CO, es decir con una baja relación de CO/CO₂, p. ej. una relación de CO/CO₂ menor de aproximadamente 0,5. El proceso incluye hacer funcionar el aparato de gasificación en modo de producción, es decir, con una baja entrada de oxígeno por unidad de masa de material carbonoso (p. ej., cantidad de oxígeno subestequiométrica) para promover preferentemente la producción de monóxido de carbono y producir un segundo sintegás con alto contenido de CO, es decir con una alta relación de CO/CO₂, p. ej. una relación molar de CO/CO₂ mayor que la del primer sintegás. En una primera realización, la relación molar de CO/CO₂ en el segundo sintegás es mayor de aproximadamente 1,0.

El proceso incluye hacer funcionar el aparato de gasificación en modo de puesta en marcha hasta que el aparato de gasificación y el equipo más adelante del aparato de gasificación estén adecuadamente calentados. El proceso, por lo tanto, incluye medir temperaturas en uno o más puntos (localizaciones) dentro y más adelante del aparato de gasificación. En un aspecto, el proceso incluye medir temperaturas de sintegás (p. ej. el primer sintegás) en uno o más puntos (localizaciones) dentro y más adelante del aparato de gasificación. Según el proceso, la operación del aparato de gasificación efectúa una transición del modo de puesta en marcha al modo de producción después de que uno o más puntos (localizaciones) dentro y más adelante del aparato de gasificación alcancen temperaturas diana. En un aspecto, la operación del aparato de gasificación efectúa una transición del modo de puesta en marcha al modo de producción después de que la temperatura del sintegás (primer sintegás) antes de entrar en el enfriador de sintegás alcance una primera temperatura diana. En un aspecto, la operación del aparato de gasificación efectúa una transición del modo de puesta en marcha al modo de producción después de que la temperatura del sintegás (primer sintegás) a la salida del sistema de recogida de polvo (p. ej. filtro de mangas) alcance una segunda temperatura diana.

Hasta que la temperatura del primer sintegás alcanza la primera temperatura diana, puede pasarse todo o parte del primer sintegás producido durante este modo de operación de puesta en marcha a través del enfriador de sintegás para producir un primer sintegás enfriado. Como alternativa, puede enviarse todo o parte del primer sintegás producido durante este modo de operación de puesta en marcha a una unidad de oxidación térmica para procesamiento y eliminación. En una realización, se envía todo o parte del primer sintegás a una unidad de oxidación térmica hasta que la temperatura del primer sintegás a la entrada de dicho enfriador de sintegás alcanza la primera temperatura diana. En un aspecto, se envía todo o parte del primer sintegás a una unidad de oxidación térmica durante la operación del aparato de gasificación en modo de puesta en marcha.

En un aspecto, la operación del aparato de gasificación efectúa una transición al modo de producción después de que la temperatura del primer sintegás a la entrada del enfriador de sintegás alcance una primera temperatura diana. En un aspecto, la operación del aparato de gasificación efectúa una transición al modo de producción después de que la temperatura del primer sintegás a la salida del sistema de recogida de polvo (p. ej., filtro de mangas) alcance una segunda temperatura diana. La adición de material carbonoso y oxígeno molecular al aparato de gasificación se continúa, sin embargo, se reduce la adición de oxígeno molecular por unidad de masa de material carbonoso en dicho aparato de gasificación para producir un segundo sintegás con alto contenido de CO o con alta relación de CO/CO₂, p. ej. una relación molar de CO/CO₂ mayor que la del primer sintegás. Por ejemplo, en una realización, la relación molar de CO/CO₂ en el segundo sintegás es mayor de aproximadamente 1,0. Puede pasarse todo o parte del primer sintegás producido durante este modo de operación de producción a través del enfriador de sintegás para producir un segundo sintegás enfriado. Opcionalmente, puede enviarse todo o parte del segundo sintegás producido durante este modo de operación de producción a una unidad de oxidación térmica para procesamiento y eliminación.

Es deseable tener poco o ningún CO y mayoritariamente CO₂ en el primer sintegás. En un aspecto, el proceso es eficaz para proporcionar una relación molar de CO/CO₂ en dicho primer sintegás de menos de aproximadamente 0,5. En un aspecto, la relación molar de CO/CO₂ en dicho primer sintegás es menor de aproximadamente 0,25. En otro aspecto, la relación molar de CO/CO₂ en dicho primer sintegás es menor de aproximadamente 0,1. Es deseable

tener más CO y menos CO₂ en el segundo sintegás. En un aspecto, el proceso es eficaz para proporcionar una relación molar de CO/CO₂ en dicho segundo sintegás mayor de aproximadamente 1,0. En un aspecto, la relación molar de CO/CO₂ en dicho segundo sintegás es mayor de aproximadamente 1,5.

5 Se suministra una cantidad subestequiométrica de oxígeno al aparato de gasificación para promover la producción de monóxido de carbono durante la operación en modo de producción. Por lo tanto, en un aspecto, durante la operación en modo de producción, la relación de cantidad de entrada de oxígeno molecular a cantidad total de oxígeno molecular requerida para oxidar completamente todo el carbono contenido en la alimentación de material carbonoso a dióxido de carbono está en el intervalo de 0,1 a 0,9. En un aspecto, 0,1 a 0,8, en otro aspecto 0,1 a 0,7
10 y en otro aspecto 0,1 a 0,45. En un aspecto, durante la operación en modo de puesta en marcha, la relación de cantidad de entrada de oxígeno molecular a cantidad total de oxígeno molecular requerida para oxidar completamente todo el carbono contenido en la alimentación de material carbonoso a dióxido de carbono está en el intervalo de 0,5 a 2,0. En un aspecto, durante la operación en modo de puesta en marcha, la relación de cantidad de entrada de oxígeno molecular a cantidad total de oxígeno molecular requerida para oxidar completamente todo el carbono contenido en la alimentación de material carbonoso a dióxido de carbono está en el intervalo de 0,75 a 1,5.
15 En un aspecto, durante la operación en modo de puesta en marcha, la relación de cantidad de entrada de oxígeno molecular a cantidad total de oxígeno molecular requerida para oxidar completamente todo el carbono contenido en la alimentación de material carbonoso a dióxido de carbono está en el intervalo de 0,9 a 1,1.

20 Las temperaturas diana se seleccionan de modo que pueda evitarse o reducirse la aparición de incrustación o la formación de depósitos dentro y más adelante del aparato de gasificación. La primera temperatura diana puede ser de aproximadamente 700 °C a aproximadamente 1000 °C. En un aspecto, la primera temperatura diana puede ser de aproximadamente 750 °C a aproximadamente 850 °C. La segunda temperatura diana en una salida del sistema de recogida de polvo puede ser de aproximadamente 100 °C a aproximadamente 200 °C. En un aspecto, la segunda
25 temperatura diana puede ser de aproximadamente 100 °C a aproximadamente 150 °C.

La reducción de la tasa de adición de oxígeno molecular por unidad de masa de material carbonoso puede lograrse aumentando la tasa de adición de material carbonoso. Por ejemplo, en un aspecto, para el modo de operación de puesta en marcha, se mantiene la tasa de adición de alimentación de material carbonoso significativamente menor
30 que para el modo de operación de producción mientras que se mantiene la tasa de adición de oxígeno molecular al mismo nivel que en cada modo de operación. La reducción de la tasa de adición de oxígeno molecular por unidad de masa de material carbonoso puede lograrse disminuyendo la tasa de adición de oxígeno molecular. Por ejemplo, en un aspecto, la tasa de adición de alimentación de material carbonoso se mantiene igual para el modo de operación de puesta en marcha y el modo de operación de producción, pero la tasa de adición de oxígeno molecular se disminuye. En un aspecto, se disminuye la tasa de adición de oxígeno molecular a medida que el modo de
35 operación cambia de modo de puesta en marcha a modo de producción, mientras que se aumenta la tasa de adición de material carbonoso.

Puede evitarse o reducirse la aparición de incrustación o la formación de depósitos en el enfriador de sintegás tomando la medida adicional de asegurar una velocidad lineal suficientemente alta del gas que fluye a través del enfriador de sintegás. La velocidad lineal medida en la entrada del enfriador de sintegás es mayor de aproximadamente 15 metros/segundo, en otro aspecto, mayor de aproximadamente 20 metros/segundo, y en otro
40 aspecto, es deseable aproximadamente 24 metros/segundo. En otro aspecto, la velocidad lineal medida en una entrada del enfriador de sintegás está entre aproximadamente 15 y aproximadamente 30 metros/segundo, y en otro aspecto, de aproximadamente 22 a aproximadamente 26 metros/segundo. Puede lograrse una velocidad lineal aumentada aumentando el caudal volumétrico de gas y/o disminuyendo el área de sección transversal del flujo. El caudal volumétrico puede aumentarse reciclando todo o parte del gas que sale del enfriador de sintegás de vuelta a la entrada del enfriador de sintegás. Por ejemplo, en un aspecto, se alcanza una velocidad lineal aumentada
45 mezclando al menos una porción del primer sintegás enfriado con al menos una porción del primer sintegás antes de pasar a través de dicho enfriador de sintegás. En otro aspecto, se alcanza una velocidad lineal aumentada mezclando al menos una porción del segundo sintegás enfriado con al menos una porción del segundo sintegás antes de pasar a través de dicho enfriador de sintegás. Puede obtenerse también un caudal volumétrico aumentado aumentando el contenido inerte del gas. El uso de sintegás enfriado reciclado posibilita mantener velocidades de intercambiador óptimas cuando se reduce la tasa de producción de sintegás por cualquier razón, incluyendo durante
50 las transiciones de puesta en marcha, cierre y alimentación de materia prima. Por tanto, en un aspecto, se alcanza una velocidad lineal aumentada usando aire como fuente de oxígeno molecular, especialmente durante el modo de operación de puesta en marcha.

El aparato de gasificación puede incluir cualquier equipo de gasificación descrito en la técnica anterior tal como, pero sin limitación, lecho móvil, lecho fijo, lecho fluidizado, flujo arrastrado, contracorriente ("tiro ascendente"),
60 equicorriente ("tiro descendente"), lecho fijo contracorriente, lecho fijo equicorriente, lecho móvil contracorriente, tiro transversal de lecho móvil equicorriente, híbrido, flujo transversal, lecho móvil de flujo transversal o una parte de los mismos. En un aspecto, el aparato de gasificación comprende una unidad de flujo transversal. En una realización, el aparato de gasificación comprende una unidad de lecho móvil de flujo transversal.

65

En un aspecto, el aparato de gasificación incluye una zona de gasificación en la que se pone en contacto el material carbonoso con gas que contiene oxígeno a una temperatura relativamente baja (p. ej., por debajo de la temperatura de fusión de la ceniza) para producir un sintegás bruto y una zona de tratamiento térmico en la que el sintegás bruto experimenta tratamiento térmico o acondicionamiento en presencia de una cantidad adicional de oxígeno a una mayor temperatura (p. ej., por encima de la temperatura de fusión de la ceniza) para producir un sintegás caliente. En un aspecto, por ejemplo, durante la puesta en marcha, la presión es atmosférica o mayor que la atmosférica. En otro aspecto, por ejemplo, durante el modo de puesta en marcha, pueden permitirse fugas de aire.

En un aspecto, el aparato de gasificación o la zona de gasificación incluye múltiples secciones o soleras de gasificación para poner en contacto dicho material carbonoso con un primer gas que contiene oxígeno molecular y opcionalmente con uno o más de vapor y CO₂ para gasificar una porción de dicho material carbonoso y para producir un primer producto gaseoso. En diversos aspectos, el aparato de gasificación o zona de gasificación comprende 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 o 10 secciones o soleras de gasificación. Las entradas de gas para la introducción de oxígeno molecular pueden enlazarse con el aparato de gasificación o zona de gasificación o una o más soleras contenidas en los mismos. Pueden introducirse también vapor o CO₂ a través de una o más de estas entradas de gas. En un aspecto, se premezclan uno o más de oxígeno molecular, vapor y CO₂ antes de suministrar a las entradas de gas enlazadas con el aparato de gasificación o la zona de gasificación o una o más soleras contenidas en los mismos.

La zona de tratamiento térmico puede lograr uno o más de craqueo y oxidación parcial de cualquier alquitrán contenido en el sintegás bruto. La zona de tratamiento térmico puede ser una cámara horizontal o vertical con sección transversal circular o cuadrada o rectangular o cualquier otra. La zona de tratamiento térmico puede estar inclinada en dirección horizontal o vertical. En un aspecto, la zona de tratamiento térmico se conecta con la zona de gasificación a través de una o más zonas de conexión. Puede enlazarse una entrada de gas directamente con la zona de tratamiento térmico. Pueden enlazarse una o más entradas de gas con una o más zonas de conexión (gargantas). El gas que contiene oxígeno molecular puede introducirse directamente en la zona de tratamiento térmico. El gas que contiene oxígeno molecular puede introducirse en la zona de tratamiento térmico a través de una o más entradas de gas enlazadas con una o más zonas de conexión.

Pueden crearse puntos calientes indeseables en dicho aparato de gasificación o en la zona de gasificación o soleras contenidas en los mismos debido a la distribución desigual del gas que contiene oxígeno molecular en dicha alimentación de material carbonoso. Esto puede producir sintegás de mala calidad. La formación de puntos calientes puede reducirse o prevenirse inyectando uno o más de vapor y dióxido de carbono en uno o más de dichos aparatos de gasificación. Por tanto, para prevenir los puntos calientes indeseables, puede tratarse la alimentación de material carbonoso con vapor junto con oxígeno molecular en el aparato de gasificación. La alimentación de material carbonoso puede tratarse con gas CO₂ junto con oxígeno molecular en el aparato de gasificación. Sin embargo, durante la operación en modo de puesta en marcha en el que puede ser un objetivo el calentamiento rápido del proceso, la coalimentación de vapor o CO₂ puede no ser ventajosa. La coalimentación de vapor o CO₂ puede ser ventajosa e importante durante la operación de modo de producción.

La fuente de oxígeno molecular puede ser una o más de aire, aire enriquecido en oxígeno u oxígeno puro. La cantidad total de oxígeno molecular introducida en el aparato de gasificación durante la operación en modo de producción puede ser de aproximadamente 0 a aproximadamente 34 kg-mol (75 lb-mol) por 907 kg (tonelada corta) de material carbonoso en base seca, en otro aspecto de aproximadamente 0 a aproximadamente 22,7 kg-mol (50 lb-mol) por 907 kg (tonelada corta) de material carbonoso en base seca, y en otro aspecto de aproximadamente 18,1 kg-mol (40 lb-mol) a aproximadamente 27,2 kg-mol (60 lb-mol) por 907 kg (tonelada corta) de material carbonoso en base seca. La cantidad total de oxígeno molecular introducida en el aparato de gasificación durante la operación en modo de puesta en marcha puede estar en el intervalo de aproximadamente 0 a aproximadamente 56,7 kg-mol (125 lb-mol) por 907 kg (tonelada corta) de material carbonoso en base seca, en otro aspecto de aproximadamente 0 a aproximadamente 45,4 kg-mol (100 lb-mol) por 907 kg (tonelada corta) de material carbonoso en base seca y, en otro aspecto, de aproximadamente 0 a aproximadamente 22,7 kg-mol (50 lb-mol) por 907 kg (tonelada corta) de material carbonoso en base seca. La cantidad total de vapor introducida en el aparato de gasificación puede ser de aproximadamente 0 a aproximadamente 22,7 kg-mol (50 lb-mol) por 907 kg (tonelada corta) de alimentación de material carbonoso en base seca. La cantidad total de dióxido de carbono introducida en el aparato de gasificación puede ser de aproximadamente 0 a aproximadamente 22,7 kg-mol (50 lb-mol) por 907 kg (tonelada corta) de alimentación de material carbonoso en base seca. En un aspecto, se introducen tanto vapor como dióxido de carbono en el aparato de gasificación.

El material carbonoso alimentado al gasificador puede incluir material carbonoso, producto líquido carbonoso, reciclado líquido industrial carbonoso, residuos sólidos urbanos carbonosos (rsu), residuos urbanos carbonosos, material agrícola carbonoso, material forestal carbonoso, residuos de madera carbonosos, material de construcción carbonoso, material vegetativo carbonoso, residuos industriales carbonosos, residuos de fermentación carbonosos, coproductos petroquímicos carbonosos, coproductos de producción de alcohol carbonosos, carbón carbonoso, neumáticos, plásticos, plástico residual, alquitrán de horno de coque, fiberoft, lignina, licor negro, polímeros, polímeros residuales, poli(tereftalato de etileno) (PETA), poliestireno (PS), lodos de depuradora, residuos animales, restos de cultivo, cultivos energéticos, restos de procesamiento forestal, restos de procesamiento de madera,

residuos de ganadería, residuos de avicultura, restos de procesamiento de alimentos, residuos de procesos fermentativos, coproductos de etanol, grano gastado, microorganismos gastados o sus combinaciones. En una realización de la presente divulgación, el material carbonoso alimentado al gasificador comprende una pluralidad de materiales carbonosos seleccionados de material carbonoso, producto líquido carbonoso, reciclado líquido industrial carbonoso, residuos sólidos urbanos carbonosos (rsu), residuos urbanos carbonosos, material agrícola carbonoso, material forestal carbonoso, residuos de madera carbonosos, material de construcción carbonoso, material vegetativo carbonoso, residuos industriales carbonosos, residuos de fermentación carbonosos, coproductos petroquímicos carbonosos, coproductos de producción de alcohol carbonosos, carbón carbonoso, neumáticos, plásticos, plástico residual, alquitrán de horno de coque, Fibersoft, lignina, licor negro, polímeros, polímeros residuales, poli(tereftalato de etileno) (PETA), poliestireno (PS), lodos de depuradora, residuos animales, restos de cultivo, cultivos energéticos, restos de procesamiento forestal, restos de procesamiento de madera, residuos de ganadería, residuos de avicultura, restos de procesamiento de alimentos, residuos de procesos fermentativos, coproductos de etanol, grano gastado, microorganismos gastados o sus combinaciones.

En un aspecto, dicho material carbonoso incluye agua. En un aspecto, dicho material carbonoso incluye menos de aproximadamente un 50 % en peso de agua. En un aspecto, dicho material carbonoso incluye menos de aproximadamente un 25 % en peso de agua. En un aspecto, dicho material carbonoso incluye menos de aproximadamente un 15 % en peso de agua. En un aspecto, el contenido de humedad de dicho material carbonoso disminuye por presecado. En un aspecto, dicho material carbonoso incluye más de aproximadamente un 25 % en peso de carbono en base seca o libre de agua. En un aspecto, dicho material carbonoso incluye más de aproximadamente un 50 % en peso de carbono en base seca o libre de agua. En un aspecto, dicho material carbonoso incluye de aproximadamente 0 a aproximadamente 50 % en peso de oxígeno en fase seca o libre de agua. En un aspecto, dicho material carbonoso incluye de aproximadamente 0 a aproximadamente 25 % en peso de hidrógeno en base seca o libre de agua. En un aspecto, dicho material carbonoso incluye menos de aproximadamente un 25 % en peso de ceniza en base seca o libre de agua. En un aspecto, dicho material carbonoso incluye menos de aproximadamente un 15 % en peso de ceniza en base seca o libre de agua.

Como se describe anteriormente, el sintegás producido por el aparato de gasificación puede enfriarse en un enfriador de sintegás para producir un sintegás enfriado para uso más adelante, p. ej. en fermentación para producir productos químicos tales como ácido acético, etanol, etc. El enfriador de sintegás puede ser un equipo de intercambio de calor o un intercambiador de calor conocido en la técnica. Por ejemplo, un enfriador de sintegás puede ser una selección de: intercambiador de calor de cubierta y tubo, intercambiador de calor de placas, intercambiador de calor de placas y armazón, intercambiador de calor tubular, intercambiador de calor de doble tubería, intercambiador de calor de horquilla, intercambiador de calor de paso simple, intercambiador de calor de múltiples pasos, intercambiador de calor de placas y aletas, intercambiador de calor espiral y combinaciones de los mismos.

El sintegás enfriado puede contener contaminantes que deberían retirarse antes del uso más adelante. La retirada de contaminantes puede lograrse tratando el sintegás enfriado con agentes químicos. Por tanto, pueden añadirse uno o más agentes químicos al sintegás enfriado para producir un sintegás enfriado que contiene productos químicos. El sintegás enfriado que contiene productos químicos puede procesarse en un sistema de recogida de polvo (p. ej., un filtro de mangas) para retirar los residuos químicos para producir por tanto un sintegás enfriado limpio. El sintegás enfriado limpio puede enviarse a un procesamiento más adelante o a una unidad de oxidación térmica. El sintegás enfriado limpio puede opcionalmente enfriarse adicionalmente en una torre de refrigeración previamente al uso más adelante.

El sistema de recogida de polvo es eficaz para capturar, separar o filtrar partículas sólidas (partículas finas, polvo) del gas. El sistema de recogida de polvo puede incluir uno o más de un soplador, un filtro de polvo, un sistema de limpieza de filtro y un recipiente de polvo o sistema de retirada de polvo. El sistema de recogida de polvo puede ser un colector de polvo de tipo separador inercial, un colector de polvo de tipo filtro de tela (filtro de mangas), un depurador húmedo, un precipitador electrostático o un colector unitario. En un aspecto, el sistema de recogida de polvo es un filtro de mangas.

Para un aparato de gasificación que incluye una zona de gasificación y una zona de tratamiento térmico, la zona de tratamiento térmico puede estar fría durante la puesta en marcha y puede tender a la incrustación o formación de depósitos o puede contribuir a la incrustación o la formación de depósitos en las tuberías o enfriador de sintegás más adelante. Por lo tanto, se prefiere a menudo hacer funcionar el aparato de gasificación en modo de puesta en marcha hasta que la zona de tratamiento térmico se calienta adecuadamente. Por ejemplo, en un aspecto, el aparato de gasificación se hace funcionar en modo de puesta en marcha hasta que la zona de tratamiento térmico alcanza una temperatura de aproximadamente 900 °C. La operación en modo de producción no se inicia hasta que la zona de tratamiento térmico alcanza al menos aproximadamente 900 °C de temperatura. Opcionalmente, se envía todo o parte del primer sintegás producido a una unidad de oxidación térmica hasta que la zona de tratamiento térmico alcanza al menos aproximadamente 900 °C de temperatura. En una realización, el aparato de gasificación se hace funcionar en modo de puesta en marcha hasta que la zona de tratamiento térmico alcanza una temperatura de aproximadamente 1000 °C. La operación en modo de producción no se inicia hasta que la zona de tratamiento térmico alcanza al menos aproximadamente 1000 °C. Opcionalmente, se envía todo o parte del primer sintegás

producido a una unidad de oxidación térmica hasta que la zona de tratamiento térmico alcanza al menos aproximadamente 1000 °C.

En un aspecto, se recicla de vuelta al aparato de gasificación al menos una porción del sintegás que sale del enfriador de sintegás para enfriar la temperatura de entrada al enfriador de sintegás y/o aumentar la velocidad lineal del gas que entra en el enfriador de sintegás. En un aspecto, se recicla de vuelta a la zona de conexión de un aparato de gasificación al menos una porción del sintegás que sale del enfriador de sintegás para aumentar la velocidad lineal del gas que entra en el enfriador de sintegás así como a través de la zona de conexión, en el que la zona de gasificación incluye una zona de gasificación y una zona de tratamiento térmico conectadas por una zona de conexión.

Las Figuras 1 a 4 ilustran diversos aspectos del proceso. La Figura 1 es un diagrama esquemático de un aspecto de un proceso que comprende la gasificación de material carbonoso por tratamiento con oxígeno molecular en un aparato de gasificación para producir un sintegás caliente y el posterior enfriamiento de dicho sintegás caliente en un enfriador de sintegás para producir un sintegás enfriado. Haciendo referencia ahora a la Figura 1, se introduce una alimentación de material carbonoso (100) en el aparato de gasificación (200). Se suministra un gas que contiene oxígeno molecular (150) al aparato de gasificación y por tanto se trata la alimentación de material carbonoso con oxígeno molecular para iniciar y facilitar la transformación química del material carbonoso. Se gasifica al menos una porción de la alimentación de material carbonoso en el aparato de gasificación para producir un producto gaseoso o sintegás (250). El suministro de oxígeno al aparato de gasificación puede controlarse para controlar las cantidades relativas de monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂) producidas por la gasificación del material carbonoso. Se enfría posteriormente el sintegás caliente en un enfriador de sintegás (300) para producir un sintegás enfriado (350). Se retira una corriente de ceniza (220) del aparato de gasificación.

La Figura 2 es un diagrama esquemático de un aspecto de un proceso que incluye la gasificación de material carbonoso por tratamiento con oxígeno molecular en un aparato de gasificación para producir un sintegás caliente y el posterior enfriamiento de dicho sintegás caliente en un enfriador de sintegás para producir un sintegás enfriado; en el que se recicla al menos una parte de dicho sintegás enfriado y se mezcla con dicho sintegás caliente antes de entrar en el enfriador de sintegás. Haciendo referencia ahora a la Figura 2, se introduce una alimentación de material carbonoso (100) en el aparato de gasificación (200). Se suministra un gas que contiene oxígeno (150) al aparato de gasificación y por tanto se trata la alimentación de material carbonoso con oxígeno molecular para iniciar y facilitar la transformación química del material carbonoso. Se gasifica al menos una porción del material carbonoso en el aparato de gasificación para producir un producto gaseoso o sintegás (250). El suministro de oxígeno al aparato de gasificación puede controlarse para controlar las cantidades relativas de monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂) producidas por la gasificación del material carbonoso. Se enfría posteriormente el sintegás caliente en un enfriador de sintegás (300) para producir un sintegás enfriado (350). Se recicla al menos una parte de dicho sintegás enfriado (450) y se mezcla con dicho sintegás caliente antes de entrar en el enfriador de sintegás. Se usa un compresor (400) para facilitar el reciclado de sintegás enfriado. Se retira una corriente de ceniza (220) del aparato de gasificación.

La Figura 3 es un diagrama esquemático de un aspecto de un proceso que incluye la gasificación de material carbonoso por tratamiento con oxígeno molecular en un aparato de gasificación para producir un sintegás caliente y el posterior enfriamiento de dicho sintegás caliente en un enfriador de sintegás para producir un sintegás enfriado; en el que se recicla al menos una parte de dicho sintegás enfriado y se mezcla con dicho sintegás caliente antes de entrar en el enfriador de sintegás; y en el que el aparato de gasificación comprende dos zonas de reacción, p. ej., una zona de gasificación y una zona de tratamiento térmico conectadas a través de una zona de conexión. Haciendo referencia ahora a la Figura 3, se introduce una alimentación de material carbonoso (100) en la zona de gasificación (201) de dicho aparato de gasificación. Se suministra gas que contiene oxígeno molecular (150) a la zona de gasificación de dicho aparato de gasificación y por tanto se trata la alimentación de material carbonoso con oxígeno molecular para iniciar y facilitar la transformación química del material carbonoso. Se gasifica al menos una porción de la alimentación de material carbonoso en la zona de gasificación para producir un producto gaseoso bruto (sintegás bruto). El sintegás bruto pasa a través de la zona de conexión (203). Se introduce oxígeno molecular (202) en la zona de conexión para mezclar con dicho sintegás bruto. La mezcla que comprende sintegás bruto y oxígeno molecular entra en la zona de tratamiento térmico (204). Puede introducirse también oxígeno molecular en la zona de tratamiento térmico. El sintegás bruto experimenta tratamiento térmico en la zona de tratamiento térmico para producir un sintegás caliente (250). El suministro de oxígeno al aparato de gasificación (una o más de la zona de gasificación, zona de conexión y zona de tratamiento térmico) puede controlarse para controlar las cantidades relativas de monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂) producidas por la gasificación del material carbonoso. Se enfría posteriormente el sintegás caliente en un enfriador de sintegás (300) para producir un sintegás enfriado (350). Se recicla al menos una parte de dicho sintegás enfriado (450) y se mezcla con dicho sintegás caliente antes de entrar en el enfriador de sintegás. Se usa un compresor (400) para facilitar el reciclado de sintegás enfriado. Se retira una corriente de ceniza (220) del aparato de gasificación.

La Figura 4 es un diagrama esquemático de un proceso que incluye la gasificación de material carbonoso por tratamiento con oxígeno molecular en un aparato de gasificación para producir un sintegás caliente y el posterior enfriamiento de dicho sintegás caliente en un enfriador de sintegás para producir un sintegás enfriado; en el que se

recicla al menos una parte de dicho sintegás enfriado y se mezcla con dicho sintegás caliente antes de entrar en el enfriador de sintegás; en el que puede enviarse al menos una porción de uno o más del sintegás caliente y enfriado a una unidad de oxidación térmica; y en el que puede procesarse al menos una porción de dicho sintegás enfriado en un filtro de mangas. Haciendo referencia ahora a la Figura 4, se introduce una alimentación de material carbonoso (100) en el aparato de gasificación (200). Se suministra un gas que contiene oxígeno molecular (150) al aparato de gasificación y por tanto se trata la alimentación de material carbonoso con oxígeno molecular para iniciar y facilitar la transformación química del material carbonoso. Se gasifica al menos una porción de la alimentación de material carbonoso en el aparato de gasificación para producir un producto gaseoso o sintegás (250). El suministro de oxígeno al aparato de gasificación puede controlarse para controlar las cantidades relativas de monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂) producidas por la gasificación del material carbonoso. El sintegás caliente se enfría posteriormente en un enfriador de sintegás (300) para producir un sintegás enfriado (350). Se recicla al menos una parte de dicho sintegás enfriado (450) y se mezcla con dicho sintegás caliente antes de entrar en el enfriador de sintegás. Se usa un compresor (400) para facilitar el reciclado de sintegás enfriado. Puede enviarse al menos una porción de sintegás caliente a una unidad de oxidación térmica (700) para procesamiento y eliminación (750). Puede enviarse al menos una porción de sintegás enfriado a una unidad de oxidación térmica. El sintegás enfriado puede contener contaminantes que deberían retirarse antes del uso más adelante. La retirada de contaminantes puede lograrse añadiendo agentes químicos. Por tanto, pueden añadirse uno o más agentes químicos (500) al sintegás enfriado para producir un sintegás enfriado que contiene productos químicos (550). El sintegás enfriado que contiene productos químicos se procesa en un filtro de mangas (600) para retirar los residuos químicos (agentes químicos con contaminantes) y para producir un sintegás enfriado limpio (650) que se envía a procesamiento más adelante o a una unidad de oxidación térmica. El sintegás enfriado limpio puede opcionalmente enfriarse adicionalmente en una torre de refrigeración antes del uso más adelante (no mostrado en el diagrama). Se retira una corriente de ceniza (220) del aparato de gasificación.

25 EJEMPLOS

Ejemplo 1: Carga sólida de sintegás producido por la gasificación en modo de producción

Se hizo funcionar el aparato de gasificación en modo de puesta en marcha proporcionando materiales carbonosos al gasificador a una tasa de alimentación aproximadamente la mitad de la usada en el modo de producción. Se suministró oxígeno al gasificador a una tasa de alimentación de aproximadamente 18,1 kg-mol (40 lb-mol) a 22,7 kg-mol (50 lb-mol) por 907 kg (tonelada corta) de material carbonoso en base seca. Como se describe anteriormente, se permitió cierta fuga de aire en el gasificador que aumenta la disponibilidad de oxígeno.

Tras poner en marcha un gasificador en modo de puesta en marcha como se describe anteriormente para obtener una primera temperatura diana en un intervalo de aproximadamente 700 °C a aproximadamente 1000 °C, se aumentó la tasa de alimentación de material carbonoso al aparato de gasificación. Se suministró un gas que contiene oxígeno molecular al aparato de gasificación a una tasa de aproximadamente 22,7 kg-mol (50 lb-mol) a aproximadamente 40,8 kg-mol (90 lb-mol) por 907 kg (tonelada corta) de material carbonoso libre de agua. Se alimentó también al gasificador un corriente de dióxido de carbono a una tasa de aproximadamente 4,5 kg-mol (10 lb-mol) a aproximadamente 6,8 kg-mol (15 lb-mol) por 907 kg (tonelada corta) de material carbonoso libre de agua.

Se produce sintegás caliente durante esta operación que se enfría posteriormente en un enfriador de sintegás para producir un sintegás enfriado. Se procesa el sintegás enfriado en un filtro de mangas para retirar los residuos sólidos y para producir un sintegás enfriado limpio. El sintegás enfriado limpio comprendía CO en el intervalo de aproximadamente 25 a aproximadamente 35 % en moles, CO₂ en el intervalo de aproximadamente 30 a aproximadamente 40 % en moles, H₂ en el intervalo de aproximadamente 10 a aproximadamente 20 % en moles, N₂ en el intervalo de aproximadamente 15 a aproximadamente 25 % en moles y una pequeña cantidad de CH₄. El filtro de mangas retiraba de aproximadamente 0,7 kg-mol (1,5 lb-mol) a aproximadamente 1,6 kg-mol (3,5 lb-mol) de sólido por hora por 453,6 kg-mol (1000 lb-mol) por hora de sintegás enfriado limpio producido.

Análisis del residuo del filtro de mangas

Modo de puesta en marcha: Bajo nivel de residuo sólido en el sintegás; puede seguir la operación en modo de producción. Modo de producción: nivel operativo de residuo sólido en sintegás (aumento de 3 veces de sólidos frente al modo de puesta en marcha).

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para producir sintegás, comprendiendo dicho procedimiento:

- 5 (a) añadir material carbonoso y oxígeno molecular a un aparato de gasificación para producir un primer sintegás con una relación molar de CO/CO₂ de menos de 0,5;
 (b) medir la temperatura de dicho primer sintegás más delante de dicho aparato de gasificación y antes de entrar en un enfriador de sintegás; y
 10 (c) en el que se pasa al menos una porción de dicho primer sintegás a través de dicho enfriador de sintegás para producir un primer sintegás enfriado y se mezcla al menos una porción de dicho primer sintegás enfriado con dicha porción del primer sintegás antes de pasar a través de dicho enfriador de sintegás para producir dicho primer sintegás enfriado

15 y, después de que dicha temperatura de dicho primer sintegás antes de entrar en dicho enfriador de sintegás alcance una primera temperatura diana, reducir la adición de oxígeno molecular por unidad de masa de material carbonoso en dicho aparato de gasificación para producir un segundo sintegás con una relación molar de CO/CO₂ mayor que la de dicho primer sintegás,

20 en el que se pasa al menos una porción de dicho segundo sintegás a través de dicho enfriador de sintegás para producir un segundo sintegás enfriado, y se mezcla al menos una porción de dicho segundo sintegás enfriado con al menos una porción de dicho segundo sintegás antes de pasar a través de dicho enfriador de sintegás,

25 y en el que además la velocidad lineal de la mezcla de dicho primer sintegás enfriado y dicho primer sintegás que fluye a través de dicho enfriador de sintegás es mayor de 24 metros/segundo y la velocidad lineal de la mezcla de dicho segundo sintegás enfriado y dicho segundo sintegás que fluye a través de dicho enfriador de sintegás es mayor de 24 metros/segundo.

30 2. El proceso de la reivindicación 1, en el que la fuente de oxígeno molecular en la etapa (a) y/o etapa (c) se selecciona del grupo consistente en aire, aire enriquecido en oxígeno, oxígeno puro y combinaciones de los mismos.

35 3. El proceso de la reivindicación 1, en el que dicha primera temperatura diana es de 700 °C a 1000 °C, preferiblemente de 750 °C a 850 °C.

40 4. El proceso de la reivindicación 1, en el que la reducción o adición de oxígeno molecular por unidad de masa de material carbonoso se logra aumentando la tasa de adición de material carbonoso o disminuyendo la tasa de adición de oxígeno molecular.

45 5. El proceso de la reivindicación 1, en el que la relación molar de CO/CO₂ de dicho segundo sintegás es mayor de 1,0, preferiblemente mayor de 1,5.

50 6. El proceso de la reivindicación 1, en el que dicho aparato de gasificación se selecciona del grupo consistente en lecho móvil, lecho fijo, lecho fluidizado, flujo arrastrado, contracorriente ("tiro ascendente"), equicorriente ("tiro descendente"), lecho fijo contracorriente, lecho fijo equicorriente, lecho móvil contracorriente, tiro transversal de lecho móvil equicorriente, híbrido, flujo transversal, lecho móvil de flujo transversal, partes de los mismos y combinaciones de los mismos.

55 7. El proceso de la reivindicación 1, en el que dicho aparato de gasificación comprende una o más zonas de reacción.

8.El proceso de la reivindicación 1, en el que dicho aparato de gasificación comprende una zona de gasificación para la gasificación de material carbonoso para producir un sintegás bruto y una zona de tratamiento térmico de dicho sintegás bruto para producir un primer sintegás o segundo sintegás.

9. El proceso de la reivindicación 8, que comprende además: alcanzar al menos 900 °C, preferiblemente al menos 1000 °C de temperatura en dicha zona de tratamiento térmico antes de la etapa (c).

60 10. El proceso de la reivindicación 1 que comprende además tratar al menos una porción de uno o más de dicho primer sintegás, segundo sintegás, primer sintegás enfriado y segundo sintegás enfriado en una unidad de oxidación térmica.

11. El proceso de la reivindicación 1 que comprende además tratar al menos una porción de dicho primer sintegás en una unidad de oxidación térmica hasta que dicha temperatura de dicho primer sintegás más delante de dicho aparato de gasificación alcance una primera temperatura diana.

12.El proceso de la reivindicación 10, que comprende además tratar al menos una porción de dicho primer sintegás en una unidad de oxidación térmica hasta alcanzar al menos una temperatura de 900 °C en dicha zona de tratamiento térmico.

5 13. El proceso de la reivindicación 1, en el que dicho enfriador de sintegás se selecciona del grupo consistente en intercambiador de calor de cubierta y tubo, intercambiador de calor de placas, intercambiador de calor de placas y armazón, intercambiador de calor tubular, intercambiador de calor de doble tubería, intercambiador de calor de horquilla, intercambiador de calor de paso simple, intercambiador de calor de múltiples pasos, intercambiador de calor de placas y aletas, intercambiador de calor espiral y combinaciones de los mismos.

10 14. El proceso de la reivindicación 1, que comprende además añadir uno o más de vapor y CO₂ en la etapa (c).

15 15. El proceso de la reivindicación 1, en el que se añade en la etapa (a) menos de 22,7 kg-mol (50 lb-mol) de vapor por 907 kg (tonelada corta) de material carbonoso en base seca o menos de 22,7 kg-mol (50 lb-mol) de CO₂ por 907 kg (tonelada corta) de material carbonoso en base seca.

FIG. 1

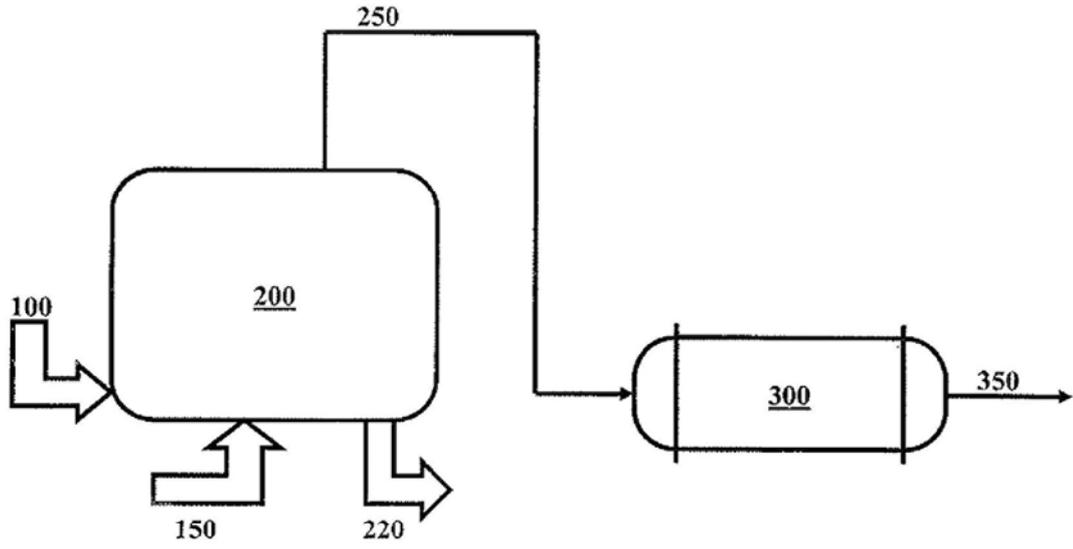


FIG. 2

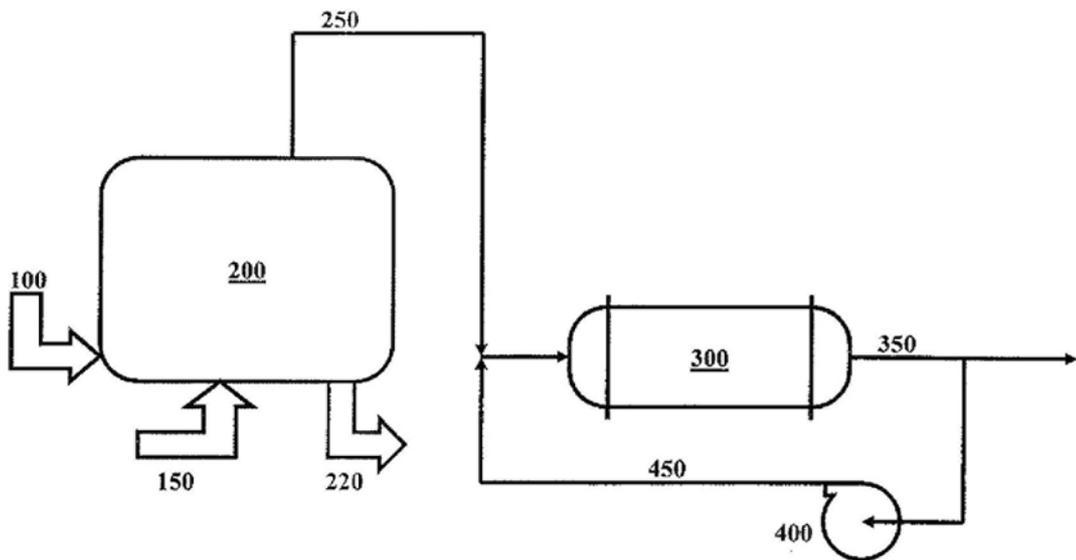


FIG. 3

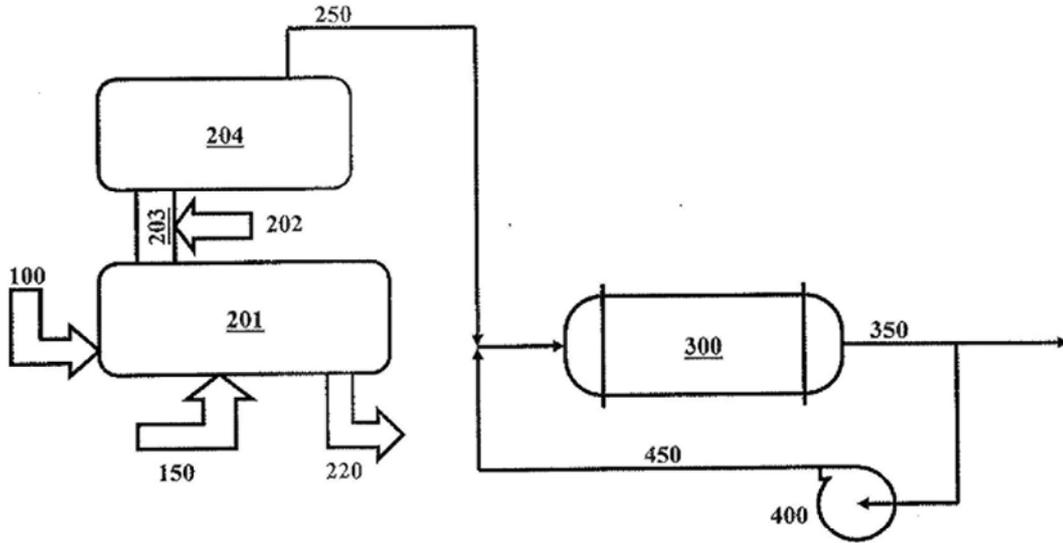


FIG. 4

