

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 658 106**

51 Int. Cl.:

C08J 3/28	(2006.01)	C10G 15/08	(2006.01)
C08J 11/04	(2006.01)	C12P 7/06	(2006.01)
C10G 1/00	(2006.01)	C10G 47/12	(2006.01)
C10L 9/00	(2006.01)	C10G 51/04	(2006.01)
C10G 1/02	(2006.01)	C10G 55/04	(2006.01)
C10G 9/24	(2006.01)	C10G 57/00	(2006.01)
C10G 15/00	(2006.01)	C10G 5/00	(2006.01)
C10G 15/10	(2006.01)		
C10G 1/04	(2006.01)		
C10L 1/02	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.10.2009 PCT/US2009/062050**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.06.2010 WO10062551**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2009 E 09745204 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2017 EP 2350174**

54 Título: **Materiales de procesamiento**

30 Prioridad:

28.10.2008 US 109159 P

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

08.03.2018

73 Titular/es:

**XYLECO, INC. (100.0%)
271 Salem Street, Unit L
Woburn, MA 01801, US**

72 Inventor/es:

MEDOFF, MARSHALL

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 658 106 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

Materiales de procesamiento

5 ANTECEDENTES

Hay una gran abundancia de biomasa, especialmente, de residuos de biomasa. Sería útil obtener materiales y combustible, tal como el etanol, a partir de biomasa y otros materiales.

10 RESUMEN

Se desvela un método para procesar un material que contiene hidratos de carbono de acuerdo con la reivindicación independiente 1. Se describen implementaciones adicionales en las reivindicaciones dependientes 2 a 15.

15 Los materiales se pueden procesar para alterar su estructura en un nivel más. Los materiales procesados pueden usarse entonces como fuente de otros materiales y combustible.

Muchas formas de realización de esta solicitud usan la química Natural Force™. Los métodos de química Natural Force™ usan la aplicación y manipulación controladas de fuerzas físicas, tales como haces de partículas, gravedad, luz, temperatura, et c., para generar los cambios moleculares químicos y estructurales previstos. Al aplicar los procesos de Nature, se puede crear una nueva materia útil sin interferencia ambiental dañina. La presente solicitud describe nuevos métodos de preparación de materias primas que incluyen combinar aditivos inorgánicos con materiales, tales como biomasa, hidrocarburos o carbón, para modular, por ejemplo, mejorar, el efecto sobre la biomasa de diversas fuerzas físicas, tales como haces de partículas y otras formas de radiación.

20 Los métodos descritos en el presente documento para cambiar una estructura molecular y/o supramolecular de cualquier material de biomasa incluyen tratar el material de biomasa con radiación después de la adición de aditivos inorgánicos, tales como una o más cerámicas, y/o uno o más metales, y/o uno o más materiales refractarios, y/o una o más arcillas, y/o uno o más minerales. En particular, la radiación puede incluir haces de partículas, particularmente partículas cargadas, tales como haces de electrones. Las partículas cargadas incluyen iones, tales como iones cargados positivamente, por ejemplo, protones, iones de carbono o de oxígeno. En algunos casos, las partículas cargadas pueden ser más pesadas que un electrón o tener una carga diferente a la de un electrón (por ejemplo, un positrón). La radiación puede aplicarse en una cantidad suficiente para cambiar la estructura molecular y/o la estructura supramolecular del material de biomasa.

35 Otros materiales, tales como materiales que contienen hidrocarburos, por ejemplo, hidrocarburos y carbón, pueden procesarse de una manera análoga. Cuando se utiliza carbón, puede estar en forma sólida, por ejemplo, carbón pulverizado, o puede estar en forma licuada. El carbón se puede licuar mediante una serie de técnicas, tales como el proceso Bergius, los procesos SRC-I y SRC-II (carbón refinado por disolvente) y el proceso de hidrogenación de NUS Corporation. Cuando se utiliza carbón, puede ser lignito, carbón de llama, carbón de llama de gas, carbón de grasa, carbón de forja, carbón no horneado, carbón de antracita o mezclas de uno cualquiera o más de estos tipos de carbón.

45 Por ejemplo, pueden utilizarse protones, núcleos de helio, iones argón, iones silicio, iones de neón, iones de carbono, iones de fósforo, iones de oxígeno o iones de nitrógeno para modificar la estructura de la biomasa, por ejemplo, descomponer el peso molecular o aumentar el peso molecular de la biomasa. En algunas realizaciones, las partículas más pesadas pueden inducir cantidades más altas de escisión de cadena en comparación con los electrones o fotones. Además, en algunos aspectos, las partículas cargadas positivamente pueden inducir mayores cantidades de escisión de cadena que las partículas cargadas negativamente debido a su acidez.

50 El material resultante de la irradiación de la combinación se puede usar en cualquier aplicación adecuada, tal como cualquiera de las descritas en el presente documento, por ejemplo, para combustible, alimento, o como uso en materiales compuestos. Por ejemplo, algunos de los métodos descritos en el presente documento incluyen además la eliminación del material inorgánico, y después poner en contacto el material resultante con una enzima y/o un microorganismo durante un tiempo y en condiciones suficientes para convertir el material que contiene hidratos de carbono en un combustible, tal como etanol o butanol (por ejemplo, n-butanol). En otras realizaciones, el método incluye además poner en contacto la combinación con una enzima y/o un microorganismo durante un tiempo y en condiciones suficientes para convertir el material que contiene hidratos de carbono en un combustible, tal como etanol o butanol. En algunas realizaciones, los métodos incluyen poner en contacto el material de biomasa tratado
60 (con o sin el material inorgánico) con una enzima para sacarificar el material, y luego inocular el material sacarificado

con un microorganismo para hacer un producto útil, tal como un combustible, tal como etanol, butanol o un hidrocarburo. Si se desea, el material inorgánico se puede separar y utilizar de nuevo en el proceso de irradiación.

5 En ciertos aspectos, la invención presenta métodos para fabricar un material que contiene hidratos de carbono que incluyen combinar un material celulósico y/o lignocelulósico con un material inorgánico, tal como un metal o un compuesto metálico, un material refractario, una cerámica o mezclas de cualquiera de estos, para proporcionar una combinación; e irradiar la combinación. La irradiación puede ser, por ejemplo, con partículas aceleradas, tales como electrones, por ejemplo, a una velocidad superior al setenta y cinco por ciento de la velocidad de la luz.

10 En algunas implementaciones, los materiales celulósicos o lignocelulósicos pueden seleccionarse del grupo que consiste en papel, productos de papel, madera, materiales relacionados con la madera, tales como serrín y tableros de partículas, hierbas, tales como paja y pasto varilla, cáscaras de arroz, bagazo, alfalfa, heno, algodón, yute, cáñamo, lino, bambú, sisal, abacá; desechos agrícolas, tales como mazorcas de maíz, rastrojo de maíz, bagazo y pelo de coco; algas, algas marinas, aguas residuales, ensilado, celulosas sintéticas, materiales textiles de restos de hilo extruido, trapos y mezclas de los mismos.

15 Los materiales celulósicos y/o lignocelulósicos e inorgánicos se pueden combinar, por ejemplo, por mezcla en seco o por co-trituración conjunta del material celulósico y/o lignocelulósico y los materiales inorgánicos juntos. La co-trituración puede realizarse mientras que cada material se enfría, por ejemplo, a una temperatura inferior a 25 °C, 20 °C, la temperatura de sublimación atmosférica normal del hielo seco, o incluso a o por debajo del punto de ebullición atmosférico normal del nitrógeno líquido.

25 En ciertas realizaciones, el material inorgánico puede ser o incluir un metal o una aleación metálica, por ejemplo, un metal base, tal como hierro, níquel, plomo, cobre o cinc, o un metal ferroso tal como hierro forjado o arrabio, o un metal noble, tal como tántalo, oro, platino o rodio. El metal o aleación de metal también puede ser o incluir un metal precioso, tal como rutenio, rodio, paladio, osmio, iridio o platino, o un metal de transición. La aleación de metal puede ser, por ejemplo, acero, latón, bronce, duraluminio o hastelloy. El metal puede ser de aluminio. En ciertas realizaciones, el material inorgánico puede ser o incluir un compuesto metálico, tal como un compuesto inorgánico de hierro o cobalto, y el compuesto inorgánico puede estar en el estado de oxidación 2+ o 3+.

30 En otras realizaciones, el material inorgánico puede ser o incluir un material refractario, tal como un material refractario ácido, neutro o básico. El material refractario de ácido puede ser zircón, arcilla refractaria o sílice. El material refractario neutro puede ser alúmina, cromita, carburo de silicio, carbono o mulitita. El material refractario básico puede ser o incluir dolomita o magnesita.

35 En algunas realizaciones, el material inorgánico puede ser o incluir una cerámica, tal como un óxido, un carburo, un boruro, un nitruro, un siliciuro o un caolín, y el óxido puede ser o incluir un óxido de aluminio, tal como alúmina, un óxido de zirconio, un óxido de silicio, un óxido de cinc, o un óxido de titanio, tal como dióxido de titanio.

40 En ciertas realizaciones, el material inorgánico incluye agua que es capaz de dejar el material inorgánico a temperaturas elevadas, tal como alúmina hidratada. En algunas realizaciones, el material inorgánico no tiene un punto de fusión. En otras realizaciones, el material inorgánico tiene un punto de fusión mayor de aproximadamente 400 °C, tal como mayor de aproximadamente 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2600 o incluso mayor de 2800 °C.

45 Los materiales inorgánicos útiles en los métodos descritos en el presente documento pueden tener una capacidad calorífica específica Cp de menos de aproximadamente 1,5, tal como menos de aproximadamente 1,25, 1,0, 0,75, 0,50, 0,25 o incluso menos de aproximadamente 0,1 J/gK. Por ejemplo, los materiales inorgánicos pueden tener una capacidad calorífica específica Cp de entre aproximadamente 1,25 y aproximadamente 0,2 J/gK, tal como entre 50 aproximadamente 1,15 y aproximadamente 0,25 o entre aproximadamente 0,85 y 0,30 J/gK. Además, los materiales inorgánicos pueden tener una conductividad de entre aproximadamente 0,004 y aproximadamente 450 W/mK, entre aproximadamente 0,04 y aproximadamente 250 W/mK, entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 150 o entre aproximadamente 0,25 y aproximadamente 50 W/mK, y una densidad de más de aproximadamente 1,5 g/cm³, tal como más de aproximadamente 2,0, 2,5, 3,0, 5,0, 7,0, 8,0, 9,0, 12,0, 15,0, 18,0, o incluso más de 20,0 g/cm³. En 55 otras realizaciones, el material inorgánico tiene una densidad de entre aproximadamente 3,5 g/cm³ y aproximadamente 2,0 g/cm³, entre aproximadamente 4,0 g/cm³ y aproximadamente 1,8 g/cm³ o entre aproximadamente 4,5 g/cm³ y aproximadamente 13 g/cm³.

60 En ciertas realizaciones, los materiales inorgánicos pueden estar en forma de partículas que tienen una forma sustancialmente esférica, y el tamaño medio de partícula puede variar de aproximadamente 0,1 micrómetros a

aproximadamente 100 micrómetros, de aproximadamente 0,25 micrómetros a aproximadamente 75 micrómetros, o de aproximadamente 0,5 micrómetros a aproximadamente 50 micrómetros.

La irradiación de la combinación puede incluir someter la combinación a los electrones acelerados, tales como electrones que tienen una energía superior a aproximadamente 2 MeV, 4 MeV, 6 MeV o incluso superior a aproximadamente 8 MeV.

En algunas realizaciones, la combinación incluye de aproximadamente 0,05 a aproximadamente 35, de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 20, o de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 10 por ciento en peso de material inorgánico.

Algunos métodos incluyen además poner en contacto el material celulósico y/o lignocelulósico irradiado, con o sin eliminar primero el material inorgánico, con una enzima y/o un microorganismo durante un tiempo y en condiciones suficientes para convertir el material que contiene hidratos de carbono en un combustible, tal como etanol o butanol.

En otro aspecto, la invención presenta composiciones de materia que incluyen en combinación, por ejemplo, en combinación homogénea, un material particulado que contiene hidratos de carbono y un material inorgánico particulado, tal como un metal o un compuesto metálico, un material refractario, un cerámica o mezclas de cualquiera de estos.

Generalmente, el material inorgánico es exógeno al material que contiene hidratos de carbono. La composición de materia puede incluir, por ejemplo, al menos aproximadamente el 0,5 por ciento en peso de material inorgánico, tal como al menos aproximadamente el 1, 3, 5, 10 o 25 por ciento en peso de material inorgánico, o entre aproximadamente el 0,5 y aproximadamente el 25 por ciento en peso de material inorgánico, o entre aproximadamente el 1 y aproximadamente el 15 por ciento en peso de material inorgánico.

Los métodos para fabricar y procesar materiales a partir de biomasa pueden incluir funcionalizar biomasa. En algunos aspectos, la biomasa funcionalizada es más soluble y se utiliza más fácilmente por los microorganismos en comparación con la biomasa que no se ha funcionalizado. Además, muchos de los materiales funcionalizados descritos en el presente documento son menos propensos a la oxidación y pueden tener estabilidad mejorada a largo plazo (por ejemplo, oxidación en aire en condiciones ambientales).

En algunas implementaciones, la materia prima de biomasa se prepara cizallando una fuente de fibra de biomasa para proporcionar un material fibroso. Por ejemplo, el cizallamiento se puede realizar con un cortador de cuchillas giratorias. Las fibras del material fibroso pueden tener, por ejemplo, una relación de longitud-diámetro promedio de más de 5/1. El material fibroso puede tener, por ejemplo, un área superficial BET de más de 0,25 m²/g. En algunos casos, la biomasa puede tener una densidad aparente de menos de aproximadamente 0,35 g/cm³. Los materiales de baja densidad aparente pueden ser profundamente penetrados por partículas cargadas. Por ejemplo, para electrones con una energía promedio de 5 MeV y un material con una densidad aparente de 0,35 g/cm³, las profundidades de penetración de electrones pueden ser de 5-7 pulgadas o más.

En otro aspecto, la invención presenta un método para procesar un material que contiene hidrocarburos, incluyendo el método irradiar una combinación formada combinando un material que contiene hidrocarburos con un material inorgánico.

En algunos aspectos, el material que contiene hidrocarburos se selecciona del grupo que consiste en alquitrán o arenas bituminosas, pizarra bituminosa, petróleo en bruto, betún, carbón, gases de petróleo, gas natural licuado y/o sintético y asfalto.

Las combinaciones (por ejemplo, mezclas) de materiales que contienen hidrocarburos, por ejemplo, hidrocarburos y carbón, y biomasa se pueden procesar de una manera análoga.

Cuando se utiliza un microorganismo en los procesos descritos en el presente documento, éste puede ser un microorganismo natural o un microorganismo diseñado. Por ejemplo, el microorganismo puede ser una bacteria, por ejemplo, una bacteria celulolítica, un hongo, por ejemplo, una levadura, una planta o una protista, por ejemplo, un alga o un protozoo, o una protista de tipo hongo, por ejemplo, un moho mucilaginoso. Cuando los organismos son compatibles, se pueden utilizar mezclas. Generalmente, diversos microorganismos pueden producir una serie de productos útiles, tales como un combustible, operando, por ejemplo, sobre la fermentación de los materiales. Por ejemplo, la fermentación u otros procesos pueden usarse para producir alcoholes, ácidos orgánicos, hidrocarburos, hidrógeno, proteínas o mezclas de cualquiera de estos materiales.

Los ejemplos de productos que pueden producirse incluyen alcoholes alquílicos C1-C6 mono y polifuncionales, ácidos carboxílicos mono y polifuncionales, hidrocarburos C1-C6, y combinaciones de los mismos. Los ejemplos específicos de alcoholes adecuados incluyen metanol, etanol, propanol, isopropanol, butanol, etilenglicol, propilenglicol, 1,4-butanodiol, glicerina, y combinaciones de los mismos. Los ejemplos específicos de ácidos carboxílicos adecuados incluyen ácido fórmico, ácido acético, ácido propiónico, ácido butírico, ácido valérico, ácido caprónico, ácido palmítico, ácido esteárico, ácido oxálico, ácido malónico, ácido succínico, ácido glutárico, ácido oleico, ácido linoleico, ácido glicólico, ácido láctico, ácido γ -hidroxibutírico, y combinaciones de los mismos. Los ejemplos de hidrocarburos adecuados incluyen metano, etano, propano, pentano, n-hexano y combinaciones de los mismos. Muchos de estos productos pueden usarse como combustibles.

El cambio de una estructura molecular de una materia prima de biomasa, como se usa en el presente documento, significa cambiar la disposición de enlace químico, tal como el tipo y la cantidad de grupos funcionales o la conformación de la estructura. Por ejemplo, el cambio en la estructura molecular puede incluir cambiar la estructura supramolecular del material, la oxidación del material, el cambio de un peso molecular medio, el cambio de una cristalinidad media, el cambio de un área superficial, el cambio de un grado de polimerización, el cambio de una porosidad, el cambio de un grado de ramificación, el injerto en otros materiales, el cambio de un tamaño del dominio cristalino, o un cambio de un tamaño del dominio global.

Esta solicitud también incorpora por referencia en su totalidad las descripciones de las Solicitudes de Patente de Estados Unidos que tienen los siguientes números de serie: 1 2/486.436, U S 2 010/0112242, 1 2/417.904, U S 2010/0124583, U S 20 10-0087687, 12/ 417.840, 1 2/417.786, U S 201 0-0093241, 12 /417.723, U S 7. 846.295, 12/417.707, US 2010-0108567, y US 2010-0064716.

El contenido en su totalidad de cada una de las siguientes publicaciones se incorpora en el presente documento por referencia: J.R. Adney et al., IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. NS-32, págs. 1841-1843 (1985); J.R. Adney et al., Proceedings of the 1989 IEEE Particle Accelerator Conference, Vol. 1, págs. 348-350 (1989); J.A. Ferry et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Vol. B64, págs. 309-312 (1992); J. Ferry, in Handbook of Accelerator Physics and Engineering, págs. 16-17 (1999); J.A. Ferry et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, Vol. 382, págs. 316-320 (1996); J.A. Ferry, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, Vol. 328, págs. 28-33 (1993); T.M. Hauser et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Vol. 249, págs. 932-934 (2006); R.G. Herb, in Encyclopedia of Physics, págs. 3-8 (1981); R.G. Herb et al., in Encyclopedia of Applied Physics, Vol. 1, págs. 27-42 (1991); R.G. Herb, IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. NS-30, págs. 1359-1362 (1983); R.G. Herb, Proceedings of the Third International Conference on Electrostatic Accelerator Technology (1981); G.M. Klody et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Vol. 56-57, págs. 704-707 (1991); G.M. Klody et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Vol. 240, págs. 463-467 (2005); R.L. Loger, Application of Accelerators in Research and Industry, Proceedings of the Fifteenth International Conference, págs. 640-643 (1999); G.A. Norton et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Vol. 40-41, págs. 785-789 (1989); G.A. Norton et al., Application of Accelerators in Research and Industry, Proceedings of the Fourteenth International Conference, págs. 1109-1114 (1997); G. Norton et al., Handbook of Accelerator Physics and Engineering, págs. 24-26 (1999); G.A. Norton et al., Symposium of North Eastern Accelerator Personnel, págs. 295-301 (1992); G. Norton, Pramana, Vol. 59, págs. 745-751 (2002); G.A. Norton et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Vol. 37-38, págs. 403-407 (1989); G.A. Norton, Heavy Ion Accelerator Technology: Eighth International Conference, págs. 3-23 (1999); J.E. Raatz et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, vol. 244, págs. 104-106 (1986); R.D. Rathmell et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, vol. 56-57, págs. 1072-1075 (1991); J.B. Schroeder et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Vol. 56-57, págs. 1033-1035 (1991); J.B. Schroeder, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Vol. 40-41, págs. 535-537 (1989); J.B. Schroeder et al., Radiocarbon, Vol. 46 (2004); J.B. Schroeder et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Vol. 24-25, págs. 763-766 (1987); P.H. Stelson et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, Vol. 244, págs. 73-74 (1986); M.L. Sundquist et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Vol. 99, págs. 684-687 (1995); M.L. Sundquist et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, Vol. 287, págs. 87-89 (1990); y M.L. Sundquist, Applications of Accelerators in Research and Industry, Proceedings of the Fifteenth International Conference, págs. 661-664 (1999). Todas las demás patentes, solicitudes de patente, y referencias citadas en el presente documento también se incorporan por referencia.

Otras características y ventajas de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada y las reivindicaciones.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La FIG. 1 es un diagrama de bloques que ilustra la conversión de biomasa en productos y coproductos.

La FIG. 2 es un diagrama de bloques que ilustra la conversión de una fuente de fibra en un primer y segundo material fibroso.

La FIG. 3 es una vista en sección transversal de un cortador de cuchillas giratorias.

La FIG. 4 es un diagrama de bloques que ilustra la conversión de una fuente de fibra en un primer, segundo y tercer material fibroso.

10 DESCRIPCIÓN DETALLADA

Los sistemas y procesos que se describen a continuación pueden usar diversos materiales de biomasa para formar productos útiles. El material de biomasa se combina con uno o más materiales inorgánicos tales como cerámicas, metales, arcillas y/o minerales y la combinación se irradia. La adición de material inorgánico modula (aumenta/potencia o disminuye) los efectos de la radiación sobre la biomasa en comparación con la aplicación de la misma energía sin que esté presente el material inorgánico. Por ejemplo, la presencia del material inorgánico puede mejorar el efecto de la radiación sobre el material de biomasa aumentando el calor generado por la irradiación.

Por ejemplo, con el material inorgánico presente durante la irradiación, el grado de recalcitrancia del material celulósico o lignocelulósico con respecto al cambio estructural puede reducirse en mayor medida para una dosis de radiación dada en relación con el caso en el que el material inorgánico no está presente durante el tratamiento de radiación. Por ejemplo, para cualquier dosis dada, el peso molecular promedio y/o la cristalinidad promedio pueden reducirse en un grado mayor, tal como en el 10, 20, 30, 40, 50, 60 o incluso el 75 por ciento más, cuando una combinación de biomasa y el material inorgánico se irradia en comparación con un tratamiento de radiación de biomasa sin que el material inorgánico esté presente durante la irradiación. Por ejemplo, para cualquier dosis dada, el área superficial y/o la porosidad de la biomasa puede aumentarse en un grado mayor, tal como en el 10, 20, 30, 40, 50, 60 o incluso el 75 por ciento más, cuando una combinación de biomasa y material inorgánico se irradia en comparación con el aditivo inorgánico que no está presente durante la irradiación.

Sin desear quedar ligado a ninguna teoría particular, se cree que el aditivo inorgánico puede modular los efectos de la radiación sobre la biomasa a través de una serie de mecanismos potenciales, incluyendo efectos térmicos, efectos de activación (por ejemplo, formación de formas reactivas del material inorgánico), y efectos secundarios de la radiación (por ejemplo, rayos X bremsstrahlung). Se cree que los efectos térmicos surgen del calentamiento de la biomasa por el material inorgánico que se calienta en el campo de radiación cuando la energía cinética de las partículas se convierte en calor. Se cree que los efectos de activación molecular surgen de la conversión del material inorgánico en una especie más químicamente activa, que a su vez reacciona directamente con la biomasa o con un gas, tal como el aire en el campo de radiación. Por ejemplo, en una realización en la que el dióxido de titanio está presente en el material inorgánico, el dióxido de titanio puede activarse en el campo de radiación en una forma excitada electrónicamente de dióxido de titanio, que a su vez puede reaccionar con oxígeno en el aire para generar ozono en torno a la biomasa. El ozono puede atacar a la biomasa, especialmente las porciones de lignina de la biomasa.

Con respecto a los efectos térmicos sobre los materiales inorgánicos en haces de electrones, la absorción diferencial del haz de electrones (dE/dx) en la materia se describe mediante la ecuación (1):

$$dE/dx = -S(V)\rho \quad (\text{in MeV/cm}) \quad (1),$$

donde $S(V)$ ($\text{MeV}\cdot\text{cm}^2/\text{g}$) es la potencia de parada del material con respecto a los electrones a la energía V , y ρ es la densidad másica del material (en g/cm^3).

Usando los mismos parámetros, el rango de electrones (R), que es la distancia de penetración máxima de los electrones de energía V_0 en el material, se aproxima mediante la ecuación (2):

$$R = V_0/S(V_0)\rho \quad (\text{in cm}) \quad (2).$$

Suponiendo que no hay conducción de calor, el aumento de temperatura (ΔT en K) en un material que se irradia con electrones energéticos es inversamente proporcional a la capacidad calorífica específica del material (C_p), densidad del material (ρ), área unitaria (a) y espesor (d), y directamente proporcional a la densidad de energía depositada (ϵ), como se muestra en la ecuación (3):

60

$$\Delta T = \epsilon / C_p \rho_{ad} \quad (\text{in K}) \quad (3).$$

5 Cuando se considera la conducción de calor, el calor se conduce fuera de la región calentada y se equilibra en una escala de tiempo (T) que es inversamente proporcional a la conductividad térmica del material. Si la energía se pone en el material en una escala de tiempo inferior a (T), el material aumentará de temperatura. Con un haz de electrones, es posible elevar localmente las temperaturas de un material que se irradia hasta 25.000 °C o más.

Los ejemplos de materiales inorgánicos adecuados se describen a continuación en la sección MATERIALES.

- 10 En algunas implementaciones, el material de biomasa se prepara primero físicamente para el procesamiento, a menudo por reducción de tamaño de una materia prima en bruto. En algunos casos, el material de biomasa y/o la combinación se trata con una o más etapas de procesamiento adicionales tales como sonicación, oxidación, pirólisis o explosión de vapor.
- 15 La combinación irradiada de biomasa y material inorgánico puede usarse como un producto en sí misma, o puede procesarse adicionalmente para formar uno o más productos y, en algunos casos, coproductos, como se analizará a continuación. El material inorgánico puede eliminarse antes, durante o después del procesamiento adicional, o puede permanecer en el producto o productos finales.

20

SISTEMAS PARA TRATAR LA BIOMASA

La FIG. 1 muestra un sistema 100 para convertir biomasa, particularmente biomasa con componentes celulósicos y lignocelulósicos significativos y/o componentes de almidón, en productos y coproductos útiles. El sistema 100 incluye un subsistema de preparación de alimento 110, una unidad de combinación 113, un subsistema de tratamiento 114, un subsistema de proceso primario 118, y un subsistema de postprocesamiento 122. El subsistema de preparación de alimento 110 recibe biomasa en su forma en bruto, prepara físicamente la biomasa para su uso como materia prima por procesos aguas abajo (por ejemplo, reduce el tamaño de y homogeneiza la biomasa), y almacena la biomasa tanto en su forma en bruto como en la de materia prima. En la unidad de combinación 113, la biomasa se combina con un material inorgánico, que generalmente está en forma de partículas.

El subsistema de tratamiento 114 recibe la combinación de la unidad de combinación 113, y prepara la materia prima para su uso en un proceso de producción primario tal como fermentación, por ejemplo, reduciendo el peso molecular promedio y la cristalinidad de la materia prima. En el subsistema de tratamiento 114, la combinación se irradia, y también se puede someter a otros tratamientos, tales como inactivación, pirólisis u oxidación.

El subsistema de proceso primario 118 recibe la materia prima tratada del subsistema de pretratamiento 114 y la utiliza como materia prima para producir productos útiles (por ejemplo, etanol, otros alcoholes, productos farmacéuticos y/o productos alimenticios).

40

El sistema de preparación de alimentación, la unidad de combinación, el subsistema de tratamiento, y el subsistema de proceso primario 118 pueden estar en la misma instalación de producción, o pueden estar en dos o más instalaciones de producción. Por ejemplo, el material de biomasa puede prepararse físicamente en una primera instalación, combinarse con el material inorgánico e irradiarse en una segunda instalación, y procesarse en un proceso primario en la segunda instalación o una tercera instalación.

En algunos casos, la salida del subsistema de proceso primario 118 es directamente útil pero, en otros casos, la totalidad o una porción de la salida puede requerir un procesamiento adicional, por ejemplo, destilación, proporcionado por el subsistema de postprocesamiento 122. El subsistema de postprocesamiento 122 también puede proporcionar tratamiento para corrientes residuales de los otros subsistemas. En algunos casos, los coproductos de los subsistemas 114, 118, 122 también pueden ser directa o indirectamente útiles como productos secundarios y/o en el aumento de la eficiencia global del sistema 100. Por ejemplo, el subsistema de postprocesamiento 122 puede producir agua tratada a reciclar para su uso como agua de proceso en otros subsistemas y/o puede producir de sechos que mables que pueden usarse como combustible para calderas que producen vapor y/o electricidad.

El material inorgánico puede en algunos casos separarse de la materia prima tratada mediante una unidad de separación 120. Por lo tanto, la unidad de separación 120 puede estar antes del subsistema de proceso primario 118, como se muestra, o puede estar después del subsistema de proceso primario o el subsistema de postprocesamiento, o integrado con cualquiera de estos subsistemas. En algunos casos, el material inorgánico se

60

recupera, por ejemplo, para reutilizarse en el proceso o usarse como un coproducto. En otros casos, el material inorgánico se descarta. En algunas implementaciones, el material inorgánico no se separa de la biomasa, sino que se convierte en parte del producto final.

5 PREPARACIÓN DE MATERIA PRIMAR DE BIOMASA

En algunos casos, el sistema de preparación de alimento 110 prepara la materia prima mediante corte, molienda, cizallamiento, trituración, desgarre o rasgado mecánico, molienda en agujas, fresado por atrición de aire, o corte. Si se desea, se pueden usar tamices y/o imanes para retirar objetos sobredimensionados o no deseables tales como, por ejemplo, rocas o clavos procedentes de la corriente de alimentación. Dicha preparación física, por ejemplo, mediante cizallamiento, puede "abrirse" y estresar los materiales fibrosos, haciendo que la celulosa de los materiales sea más susceptible a la escisión de cadena y/o a la reducción de la cristalinidad. Cuando son irradiados, los materiales abiertos también pueden ser más susceptibles a la oxidación. La preparación física también puede facilitar la combinación del material de biomasa con el material inorgánico, por ejemplo, reduciendo el tamaño del material de biomasa y haciéndolo más homogéneo en tamaño y forma.

En el ejemplo mostrado en la FIG. 2, una fuente de fibra de biomasa 210 se cizalla, por ejemplo, en un cortador de cuchillas giratorias, para proporcionar un primer material fibroso 212. El primer material fibroso 212 se pasa a través de un primer tamiz 214 que tiene un tamaño de abertura promedio de 1,59 mm o menos (1/16 pulgadas, 0,0625 pulgadas) para proporcionar un segundo material fibroso 216. Si se desea, la fuente de fibra de biomasa puede cortarse antes del cizallamiento, por ejemplo, con una trituradora, por ejemplo, una trituradora de tornillo contrarrotatorio, tal como las fabricadas por Munson (Utica, NY), o con un cortador de guillotina.

En algunas implementaciones, se usa un cortador de cuchillas giratorias para el cizallamiento simultáneo de la fuente de fibra y el tamizado del primer material fibroso. Con referencia a la FIG. 3, un cortador de cuchillas giratorias 220 incluye una tolva 222 que puede cargarse con una fuente de fibra triturada 224 preparada por la fuente de fibra triturada. La fuente de fibra triturada se cizalla entre las cuchillas estacionarias 230 y las cuchillas giratorias 232 para proporcionar un primer material fibroso 240. El primer material fibroso 240 pasa a través del tamiz 242, y el segundo material fibroso resultante 244 se captura en una cuba 250. Para facilitar la recogida del segundo material fibroso, la cuba puede tener una presión menor a la presión atmosférica nominal, por ejemplo, al menos un 10 % menor que la presión atmosférica nominal, por ejemplo, al menos un 25 % menor que la presión atmosférica nominal, al menos un 50 % menor que la presión atmosférica nominal o al menos un 75 % menor que la presión atmosférica nominal. En algunas realizaciones, se utiliza una fuente de vacío 252 para mantener la cuba a una presión menor que la presión atmosférica nominal. Se describen características adecuadas del tamiz, por ejemplo, en el documento de Estados Unidos N.º de Serie 12/429.045.

La fuente de fibra puede cizallarse en un estado seco, un estado hidratado (por ejemplo, que tiene hasta un diez por ciento en peso de agua absorbida), o en estado húmedo, por ejemplo que tiene entre aproximadamente un 10 % y aproximadamente un 75 % en peso de agua. La fuente de fibra se puede cizallar incluso mientras está parcial o totalmente sumergida bajo un líquido, tal como agua, etanol o isopropanol. La fuente de fibra también puede cizallarse bajo un gas (tal como una corriente o atmósfera de gas que no sea aire), por ejemplo, oxígeno o nitrógeno, o vapor.

Si se desea, los materiales fibrosos se pueden separar, por ejemplo, continuamente o en lotes, en fracciones de acuerdo con su longitud, ancho, densidad, tipo de material, o alguna combinación de estos atributos. Por ejemplo, para formar materiales compuestos, a menudo es deseable tener una distribución relativamente estrecha de las longitudes de fibra.

Los materiales fibrosos pueden irradiarse inmediatamente después de su preparación, o pueden secarse, por ejemplo, a aproximadamente 105 °C durante 4-18 horas, de manera que el contenido de humedad sea, por ejemplo, menor de aproximadamente el 0,5% antes del uso.

En algunas realizaciones, el segundo material fibroso se cizalla y se pasa a través del primer tamiz, o un tamiz de diferente tamaño. En algunas realizaciones, el segundo material fibroso se pasa a través de un segundo tamiz que tiene un tamaño de abertura promedio igual o menor que el del primer tamiz. Con referencia a la FIG. 4, se puede preparar un tercer material fibroso 220 a partir del segundo material fibroso 216 cizallando el segundo material fibroso 216 y pasando el material resultante a través de un segundo tamiz 222 que tiene un tamaño de abertura promedio menor que el del primer tamiz 214. La secuencia de cizallamiento y el cribado puede repetirse tantas veces como se desee para obtener propiedades de fibra particulares.

60

Generalmente, las fibras de los materiales fibrosos pueden tener una relación longitud-diámetro promedio relativamente grande (por ejemplo, mayor de 20 a 1), incluso si se han cizallado más de una vez. Además, las fibras de los materiales fibrosos descritos en el presente documento pueden tener una longitud y una distribución de la relación longitud-diámetro relativamente limitadas.

5

Como se usan en el presente documento, los anchos medios de fibra (es decir, diámetros) son los determinados ópticamente mediante selección alatoria de aproximadamente 50 000 fibras. Las longitudes medias de fibra son longitudes ponderadas corregidas. Las áreas superficiales BET (Brunauer, Emmet y Teller) son áreas superficiales multipunto y las porosidades son las determinadas mediante porosímetro de mercurio.

10

La relación longitud-diámetro promedio del segundo material fibroso 14 puede ser, por ejemplo, mayor de 8/1, por ejemplo, mayor de 10/1, mayor de 15/1, mayor de 20/1, mayor de 25/1, o mayor de 50/1. Una longitud promedio del segundo material fibroso 14 puede estar, por ejemplo, entre aproximadamente 0,5 mm y 2,5 mm, por ejemplo, entre aproximadamente 0,75 mm y 1,0 mm, y puede tener un ancho promedio (es decir, diámetro) del segundo material

15

fibroso 14, por ejemplo, entre aproximadamente 5 μm y 50 μm , por ejemplo, entre aproximadamente 10 μm y 30 μm . En algunas realizaciones, una desviación estándar de la longitud del segundo material fibroso 14 es menor del 60 por ciento de una longitud promedio del segundo material fibroso 14, por ejemplo, menos del 50 por ciento de la longitud promedio, menos del 40 por ciento de la longitud promedio, menos del 25 por ciento de la longitud promedio, menos del 10 por ciento de la longitud promedio, menos del 5 por ciento de la longitud promedio, o incluso menos del 1 por ciento de la longitud promedio.

20

En algunas realizaciones, el material tiene una densidad aparente inferior a 0,25 g/cm³, por ejemplo, 0,20 g/cm³, 0,15 g/cm³, 0,10 g/cm³, 0,05 g/cm³ o inferior a, por ejemplo, 0,025 g/cm³. La densidad aparente se determina usando la norma ASTM D1895B. En resumen, el método implica el relleno de un cilindro de medición de volumen conocido con una muestra y la obtención de un peso de la muestra. La densidad aparente se calcula dividiendo el peso de la muestra en gramos por el volumen conocido del cilindro en centímetros cúbicos.

25

En algunas realizaciones, un área superficial BET del segundo material fibroso es mayor de 0,1 m²/g, por ejemplo, mayor de 0,25 m²/g, mayor de 0,5 m²/g, mayor de 1,0 m²/g, mayor de 1,5 m²/g, mayor de 1,75 m²/g, mayor de 5,0 m²/g, mayor de 10 m²/g, mayor de 25 m²/g, mayor de 35 m²/g, mayor de 50 m²/g, mayor de 60 m²/g, mayor de 75 m²/g, mayor de 100 m²/g, mayor de 150 m²/g, mayor de 200 m²/g o incluso mayor de 250 m²/g. Una porosidad del segundo material fibroso 14 puede ser, por ejemplo, mayor de un 20 %, mayor de un 25 %, mayor de un 35 %, mayor de un 50 %, mayor de un 60 %, mayor de un 70 %, por ejemplo, mayor de un 80 %, mayor de un 85 %, mayor de un 90 %, mayor de un 92 %, mayor de un 94 %, mayor de un 95 %, mayor de un 97,5 %, mayor de un 99 % o incluso mayor de un 99,5 %.

30

35

En algunas realizaciones, una relación de la relación longitud-diámetro promedio del primer material fibroso con respecto a la relación longitud-diámetro promedio del segundo material fibroso es, por ejemplo, menor de 1,5, por ejemplo, menor de 1,4, menor de 1,25, menor de 1,1, menor de 1,075, menor de 1,05, menor de 1,025, o incluso sustancialmente igual a 1.

40

Cualquier material fibroso descrito en el presente documento, o cualquier mezcla de material fibroso con un material inorgánico, puede densificarse antes o después de la irradiación, por ejemplo, para transporte o almacenamiento, y luego "abrirse" para su posterior procesamiento por uno o más métodos descritos en el presente documento. La densificación se describe, por ejemplo, en el documento de Estados Unidos N.º de Serie 12/429.045.

45

COMBINACIÓN DEL MATERIAL DE BIOMASA CON EL MATERIAL INORGÁNICO

En algunas realizaciones, el material celulósico y/o lignocelulósico y el material inorgánico se combinan por mezcla en seco, tal como en un tambor antes de la irradiación. En otras realizaciones, el material celulósico y/o lignocelulósico y el material inorgánico se triturarán conjuntamente. Por ejemplo, el material celulósico y/o lignocelulósico y el material inorgánico se pueden moler juntos en un molino antes de la irradiación de la mezcla. En realizaciones particulares, el material celulósico y/o lignocelulósico y el material inorgánico se triturarán conjuntamente en un molino congelador de tal forma que cada material se enfría a una temperatura por debajo de 25 °C, tal como a o por debajo de 0 °C, tal como a o por debajo de la temperatura de sublimación atmosférica normal del hielo seco, o a o por debajo del punto de ebullición atmosférica normal del nitrógeno líquido. La molienda de la biomasa en un molino congelador se describe en la Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos N.º 61/081.709, titulada "Cooling and Processing Materials", que se incorpora en el presente documento por referencia en su totalidad.

55

60

TRATAMIENTO

El tratamiento incluye irradiar la combinación del material de biomasa preparado físicamente y el material inorgánico.

En algunos casos, el tratamiento puede incluir además uno o más de sonicación, oxidación, pirólisis y explosión de vapor, cualquiera de los cuales se puede modular, por ejemplo, mejorar, mediante el uso de aditivos inorgánicos como se describe en el presente documento.

Tratamiento por radiación

10 La irradiación de la combinación puede incluir someter la combinación a electrones acelerados, tales como electrones que tienen una energía superior a aproximadamente 2 MeV, 4 MeV, 6 MeV o incluso superior a aproximadamente 8 MeV. Por lo tanto, se contemplan intervalos, tales como intervalos de 2,0 a 8,0 MeV y de 4,0 a 6,0 MeV. En algunas realizaciones, los electrones se aceleran a, por ejemplo, una velocidad de más del 75 por ciento de la velocidad de la luz, por ejemplo, más del 85, 90, 95 o 99 por ciento de la velocidad de la luz.

15 En algunos aspectos, la irradiación se realiza a una velocidad de dosificación superior a aproximadamente 0,25 Mrad por segundo, por ejemplo, superior a aproximadamente 0,5, 0,75, 1,0, 1,5, 2,0, o incluso superior a aproximadamente 2,5 Mrad por segundo. En algunas realizaciones, se efectúa la irradiación a una tasa de dosis de entre 5,0 y 1500,0 kilorad/hora, p.ej. entre 10,0 y 750,0 kilorad/h o entre 50,0 y 350,0 kilorad/h.

20 En algunas realizaciones, se efectúa la irradiación (con cualquier fuente de radiación o una combinación de fuentes) hasta que el material recibe una dosis de al menos 0,25 Mrad, por ejemplo, al menos 1,0 Mrad, al menos 2,5 Mrad, al menos 5,0 Mrad o al menos 10,0 Mrad. En algunas realizaciones, se efectúa la irradiación hasta que el material recibe una dosis de entre 1,0 Mrad y 6,0 Mrad, p.ej. entre 1,5 Mrad y 4,0 Mrad.

25 Las dosis aplicadas dependerán del efecto deseado y de la materia prima particular. Por ejemplo, altas dosis de radiación pueden romper enlaces químicos dentro de componentes de materia prima y dosis bajas de radiación pueden aumentar la unión química (por ejemplo, entrecruzamiento) dentro de componentes de materia prima.

30 La radiación se puede aplicar a cualquier muestra que esté seca o mojada, o incluso dispersa en un líquido, tal como agua. Por ejemplo, la irradiación puede realizarse sobre material celulósico y/o lignocelulósico en el que menos de aproximadamente el 25 por ciento en peso del material celulósico y/o lignocelulósico tiene superficies humedecidas con un líquido, tal como agua. En algunas realizaciones, la irradiación se realiza sobre material celulósico y/o lignocelulósico en el que sustancialmente nada del material celulósico y/o lignocelulósico se humedece con un líquido, tal como agua.

En algunas realizaciones, cualquier procesamiento descrito en el presente documento tiene lugar después de que el material celulósico y/o lignocelulósico permanece seco tal como se ha adquirido o se ha secado, por ejemplo, usando calor y/o presión reducida. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el material celulósico y/o lignocelulósico tiene menos de aproximadamente un cinco por ciento en peso de agua retenida, medida a 25 °C, y a una humedad relativa del cincuenta por ciento.

La radiación se puede aplicar mientras que el material celulósico y/o lignocelulósico está expuesto al aire, aire enriquecido con oxígeno, o incluso al propio oxígeno, o se cubre con un gas inerte tal como nitrógeno, argón o helio.

45 Cuando se desea la oxidación máxima, se utiliza un entorno oxidante, tal como aire u oxígeno, y la distancia desde la fuente de radiación se optimiza para maximizar la formación de gas reactivo, por ejemplo, ozono y/u óxidos de nitrógeno.

La radiación puede aplicarse a una presión superior a aproximadamente 2,5 atmósferas, tal como mayor de 5, 10, 50 15, 20 o incluso mayor de aproximadamente 50 atmósferas.

La irradiación puede realizarse utilizando una radiación ionizante, tal como rayos gamma, rayos x, radiación ultravioleta energética, tal como radiación ultravioleta C que tiene una longitud de onda de aproximadamente 100 nm a aproximadamente 280 nm, un haz de partículas, tal como un haz de electrones, neutrones lentos o partículas alfa.

55 En algunas realizaciones, la irradiación incluye dos o más fuentes de radiación, tales como rayos gamma y un haz de electrones, que pueden aplicarse en cualquier orden o simultáneamente.

En algunas formas de realización, la energía depositada en un material que libera un electrón de su órbita atómica se puede usar para irradiar los materiales. La radiación puede proporcionarse por (1) partículas pesadas cargadas, 60 tales como partículas alfa o protones, (2) electrones producidos, por ejemplo, en desintegración beta o aceleradores

de rayos de electrones o (3) radiación electromagnética, por ejemplo rayos gamma, rayos X o rayos ultravioleta. En un enfoque, puede usarse la radiación producida por sustancias radiactivas para irradiar la materia prima. En algunas realizaciones, puede utilizarse cualquier combinación en cualquier orden o simultáneamente de (1) a (3).

- 5 En algunos aspectos, cuando es deseable la escisión de cadenas y/o es deseable la funcionalización de la cadena polimérica, se pueden utilizar partículas más pesadas que los electrones, tales como protones, núcleos de helio, iones de argón, iones de silicio, iones de neón, iones de carbono, iones de fósforo, iones de oxígeno o iones de nitrógeno. Cuando se desea la escisión de cadenas por apertura de anillo, se pueden usar partículas cargadas positivamente, gracias a sus propiedades de ácido de Lewis, para mejorar la escisión de cadena por apertura de anillo.

15 En algunas realizaciones, la biomasa irradiada tiene un peso molecular medio en número (M_{N2}) que es menor que el peso molecular medio en número de la biomasa antes de la irradiación (M_{N1}) en más de aproximadamente el 10 por ciento, por ejemplo, el 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50 por ciento, 60 por ciento, o incluso más de aproximadamente el 75 por ciento.

20 En algunas realizaciones, el peso molecular medio en número de partida (antes de la irradiación) es de aproximadamente 200.000 a aproximadamente 3.200.000, por ejemplo, de aproximadamente 250.000 a aproximadamente 1.000.000, o de aproximadamente 250.000 a aproximadamente 700.000, y el peso molecular medio numérico después de la irradiación es de aproximadamente 50.000 a aproximadamente 200.000, por ejemplo, de aproximadamente 60.000 a aproximadamente 150.000 o de aproximadamente 70.000 a aproximadamente 125.000. Sin embargo, en algunas realizaciones, p.ej. después de una irradiación extensa, es posible tener un peso molecular medio numérico de menos de aproximadamente 10.000 o incluso de menos de aproximadamente 5.000.

25 En algunos aspectos, la biomasa irradiada tiene celulosa que tiene una cristalinidad (C_2) que es menor que la cristalinidad (C_1) de la celulosa de la biomasa antes de la irradiación. Por ejemplo, (C_2) puede ser menor que (C_1) en más de aproximadamente el 10 por ciento, por ejemplo, 15, 20, 25, 30, 35, 40, o incluso más de aproximadamente el 50 por ciento.

30 En algunas realizaciones, el índice de cristalinidad de partida (antes de la irradiación) es de aproximadamente el 40 a aproximadamente el 87.5 por ciento, por ejemplo, en aproximadamente el 50 a aproximadamente el 75 por ciento o de aproximadamente el 60 a aproximadamente el 70 por ciento, y el índice de cristalinidad después de la irradiación es de aproximadamente el 10 a aproximadamente el 50 por ciento, por ejemplo, de aproximadamente el 15 a aproximadamente el 45 por ciento o de aproximadamente el 20 a aproximadamente el 40 por ciento. Sin embargo, en algunas realizaciones, p.ej. después de irradiación extensa, es posible tener un índice de cristalinidad menor de un 5%. En algunas realizaciones, el material después de la irradiación es sustancialmente amorfo.

35 En algunas realizaciones, la biomasa irradiada puede tener un nivel de oxidación (O_2) que es mayor que el nivel de oxidación (O_1) de la biomasa antes de la irradiación. Un grado de oxidación más alto del material puede ayudar a su dispersabilidad, hinchabilidad y/o solubilidad, mejorando aún más la susceptibilidad de los materiales a un ataque químico, enzimático o biológico. El material de biomasa irradiada también puede tener más grupos hidroxilo, grupos aldehído, grupos cetona, grupos éster o grupos ácido carboxílico, lo que aumenta su hidrofiliidad.

Radiación ionizante

45 Cada forma de radiación ioniza la biomasa mediante interacciones particulares, como se determina mediante la energía de la radiación. Las partículas muy cargadas ionizan principalmente la materia por dispersión coulombiana; asimismo, estas interacciones producen electrones energéticos que pueden ionizar aún más la materia. Las partículas alfa son idénticas a los núcleos de un átomo de helio y se producen mediante desintegración alfa de diversos núcleos radioactivos, tales como isótopos de bismuto, polonio, astato, radón, francio, radio, varios actínidos, tales como actinio, torio, uranio, neptunio, curio, californio, americio y plutonio.

50 Cuando se utilizan partículas, estas pueden ser neutras (sin carga), cargadas positivamente o cargadas negativamente. Cuando están cargadas, las partículas cargadas pueden soportar una sola carga positiva o negativa o múltiples cargas, por ejemplo, una, dos, tres, o incluso cuatro o más cargas. En aspectos en los que se desea la escisión de cadenas, puede ser deseable usar partículas cargadas positivamente, en parte debido a su naturaleza ácida. Cuando se utilizan partículas, las partículas pueden tener la masa de un electrón en reposo o mayor, por ejemplo 500, 1000, 1500, o 2000, o más, por ejemplo, 10.000 o incluso 100.000 veces la masa de un electrón en reposo. Por ejemplo, las partículas pueden tener una masa de aproximadamente 1 unidad atómica a 60 aproximadamente 150 unidades atómicas, por ejemplo de aproximadamente 1 unidad atómica a aproximadamente

50 unidades atómicas, o de aproximadamente 1 a aproximadamente 25, por ejemplo 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12 o 15 μm . Los aceleradores usados para acelerar las partículas pueden ser de DC electrostática, DC electrodinámica, lineal de RF, lineal de inducción magnética, o de onda continua. Por ejemplo, los aceleradores de tipo ciclotrón comercializados por IBA, Bélgica, tales como el sistema Rhodotron®, o los aceleradores de tipo DC comercializados por RDI, actualmente IBA Industrial, tales como el Dynamitron®. Los iones y aceleradores de iones ejemplares se analizan en *Introductory Nuclear Physics*, Kenneth S. Krane, John Wiley & Sons, Inc. (1988), Krsto Prelec, *FIZIKA B* 6 (1997) 4, 177-206, Chu, William T., "Overview of Light-Ion Beam Therapy", Columbus-Ohio, ICRU-IAEA Meeting, 18-20 March 2006, Iwata, Y. et al., "Alternating-Phase-Focused IH-DTL for Heavy-Ion Medical Accelerators", Proceedings of EPAC 2006, Edimburgo, Escocia, y Leitner, C.M. et al., "Status of the Superconducting ECR Ion Source Venus", Proceedings of EPAC 2000, Viena, Austria.

Los electrones interactúan a través de la dispersión de Coulomb y la radiación bremsstrahlung producida por los cambios en la velocidad de los electrones. Los electrones pueden producirse por núcleos radiactivos que experimentan desintegración beta, tales como isótopos de yodo, cesio, tecnecio e iridio. Como alternativa, puede usarse una pistola de electrones como fuente de electrones a través de emisión termoiónica.

La radiación electromagnética interactúa a través de tres procesos: absorción fotoeléctrica, dispersión de Compton, y producción de pares. La interacción dominante está determinada por la energía de la radiación incidente y el número atómico del material. La suma de las interacciones que contribuyen a la radiación absorbida en el material celulósico puede expresarse mediante el coeficiente de absorción de masa (véase "Ionization Radiation" en el documento PCT/US2007/022719).

La radiación electromagnética puede subclasificarse como rayos gamma, rayos x, rayos ultravioleta, rayos infrarrojos, microondas, u ondas de radio, dependiendo de la longitud de onda.

La radiación gamma tiene la ventaja de una profundidad de penetración significativa en una diversidad de material en la muestra. Las fuentes de rayos gamma incluyen núcleos radiactivos tales como isótopos de cobalto, calcio, tecnecio, cromo, galio, indio, yodo, hierro, criptón, samario, selenio, sodio, talio y xenón.

Las fuentes de rayos x incluyen la colisión de rayos de electrones con diapas metálicas tales como wolframio o molibdeno o aleaciones, o fuentes de luz compactas tales como aquellas producidas comercialmente por Lyncean.

Las fuentes de radiación ultravioleta incluyen lámparas de deuterio o cadmio.

Las fuentes de radiación infrarroja incluyen lámparas de cerámica de ventana de zafiro, cinc o seleniuro.

Las fuentes de microondas incluyen clistrones, fuentes de RF de tipo Slevin o fuentes de haces de átomos que emplean los gases hidrógeno, oxígeno o nitrógeno.

40

Haz de electrones

En algunas realizaciones se usa un haz de electrones como fuente de radiación. Un haz de electrones tiene las ventajas de velocidades de dosificación altas (por ejemplo, 1, 5, o incluso 10 Mrad por segundo), alto rendimiento, menos contaminación y menos equipo de aislamiento. Los electrones también pueden ser más eficientes a la hora de provocar la escisión de cadenas. Además, electrones que tienen energías de 4 -10 MeV pueden tener una profundidad de penetración de 5 a 30 mm o más, tal como 40 mm.

Los haces de electrones se pueden generar, por ejemplo, mediante generadores electrostáticos, generadores en cascada, generadores transformadores, aceleradores de baja energía con un sistema de barrido, aceleradores de baja energía con un cátodo lineal, aceleradores lineales y aceleradores pulsados. Los electrones como fuente de radiación ionizante pueden ser útiles, por ejemplo, para pilas relativamente finas de materiales, por ejemplo, de menos de 12,7 mm (0,5 pulgadas), por ejemplo, de menos de 10,2 mm (0,4 pulgadas), 7,6 mm (0,3 pulgadas), 5,1 mm (0,2 pulgadas), o menos de 2,5 mm (0,1 pulgadas). En algunas realizaciones, la energía de cada electrón en el haz de electrones es de aproximadamente 0,3 MeV a aproximadamente 2,0 MeV (millones de electronvoltios), por ejemplo de aproximadamente 0,5 MeV a aproximadamente 1,5 MeV, o de aproximadamente 0,7 MeV a aproximadamente 1,25 MeV.

En algunas realizaciones, los electrones utilizados para tratar el material de biomasa pueden tener energías promedio de 0,05 o más (por ejemplo, 0,10 o más, 0,2 o más, 0,3 o más, 0,4 o más, 0,5 o más, 0,6 o más,

0,7 c o más, 0,8 c o más, 0,9 c o más, 0,99 c o más, 0,9999 o más), donde c corresponde a la velocidad de vacío de la luz.

Los dispositivos de irradiación de haces de electrones pueden ser adquiridos en Ion Beam Applications, Louvain-la-Neuve, Bélgica o Titan Corporation, San Diego, CA. Energías de electrón típicas pueden ser 1 MeV, 2 MeV, 4,5 MeV, 7,5 MeV o 10 MeV. Potencias típicas del dispositivo de irradiación de haces de electrones pueden ser 1 kW, 5 kW, 10 kW, 20 kW, 50 kW, 100 kW, 250 kW o 500 kW. La eficacia de la despolimerización de la suspensión de materia prima depende de la energía de electrón usada y de la dosis aplicada, mientras que el tiempo de exposición depende de la potencia y la dosis. Las dosis típicas pueden asumir valores de 1 kGy, 5 kGy, 10 kGy, 20 kGy, 50 kGy, 100 kGy o 200 kGy.

Las compensaciones al considerar las especificaciones de potencia del dispositivo de irradiación de haz de electrones incluyen el coste de operación, los costes de capital, la depreciación y la huella del dispositivo. Las compensaciones en la consideración de los niveles de dosis de exposición de la irradiación con haz de electrones serían los costes de energía y las preocupaciones sobre el medio ambiente, la seguridad y la salud (ESH). Las compensaciones al considerar la energía de los electrones incluyen los costes de energía; aquí, una energía de electrones inferior puede ser ventajosa para estimular la despolimerización de cierta suspensión de materia prima (véase, por ejemplo, Bouchard, et al, Cellulose (2006) 13: 601-610).

Puede ser ventajoso proporcionar un doble paso de irradiación con haz de electrones para proporcionar un proceso de despolimerización más eficaz. Por ejemplo, el dispositivo de transporte de materia prima podría dirigir la materia prima (en forma seca o de suspensión) por debajo y en una dirección inversa a su dirección de transporte inicial. Los sistemas de doble paso pueden permitir que se procesen suspensiones de materia prima más espesas y pueden proporcionar una despolimerización más uniforme a través del espesor de la suspensión de materia prima.

El dispositivo de irradiación con haz de electrones puede producir un haz fijo o un haz de exploración. Un rayo de exploración puede ser ventajoso con una gran longitud de barrido de exploración y altas velocidades de exploración, ya que esto reemplazaría eficazmente un ancho de haz grande y fijo. Además, están disponibles anchuras de barrido disponibles de 0,5 m, 1 m, 2 m o más.

Haces de partículas iónicas

Pueden utilizarse partículas más pesadas que los electrones para irradiar hidratos de carbono o materiales que incluyen hidratos de carbono, por ejemplo, materiales celulósicos, materiales lignocelulósicos, materiales de almidón o mezclas de cualquiera de estos y otros descritos en el presente documento. Por ejemplo, pueden utilizarse protones, núcleos de helio, iones de argón, iones de silicio, iones de neón, iones de carbón, iones de fósforo, iones de oxígeno o iones de nitrógeno. En algunas realizaciones, las partículas más pesadas que los electrones pueden inducir mayores cantidades de escisión de cadena. En algunos aspectos, las partículas cargadas positivamente pueden inducir mayores cantidades de escisión de cadena que las partículas cargadas negativamente debido a su acidez.

Pueden generarse rayos de partículas más pesadas, por ejemplo, usando aceleradores lineales o ciclotrones. En algunas realizaciones, la energía de cada partícula del rayo es de aproximadamente 1,0 MeV/unidad atómica a aproximadamente 6.000 MeV/unidad atómica, p.ej. de aproximadamente 3 MeV/unidad atómica a aproximadamente 4.800 MeV/unidad atómica, o de aproximadamente 10 MeV/unidad atómica a aproximadamente 1.000 MeV/unidad atómica.

El tratamiento de haz de iones se analiza en detalle en el documento de Estados Unidos N.º de Serie 12/417.699.

50 Radiación electromagnética

En realizaciones en las que la irradiación se realiza con radiación electromagnética, la radiación electromagnética puede tener, por ejemplo, energías por fotón (en electronvoltios) superiores a 10^2 eV, por ejemplo, superiores a 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 o incluso superiores a 10^7 eV. En algunas realizaciones, la radiación electromagnética tiene una energía por fotón de entre 10^4 y 10^7 , por ejemplo, entre 10^5 y 10^6 eV. La radiación electromagnética puede tener una frecuencia superior a, por ejemplo 10^{16} Hz, superior a 10^{17} Hz, 10^{18} , 10^{19} , 10^{20} o incluso superior a 10^{21} Hz. En algunas realizaciones, la radiación electromagnética tiene una frecuencia de entre 10^{18} y 10^{22} Hz, por ejemplo entre 10^{19} y 10^{21} Hz.

Combinaciones de tratamientos con radiación

En algunas formas de realización se usan dos o más fuentes de radiación, tal como dos o más radiaciones ionizantes. Por ejemplo, las muestras pueden tratarse, en cualquier orden con un rayo de electrones seguido de radiación gamma y luz UV que tiene longitudes de onda de aproximadamente 100 nm a aproximadamente 280 nm. En algunas formas de realización, las muestras se tratan con tres fuentes de radiación ionizante, tales como un haz de electrones, radiación gamma y luz UV energética.

Inactivación y funcionalización controlada de la biomasa

Después del tratamiento con una o más radiaciones ionizantes, tales como radiación fotónica (por ejemplo, rayos X o rayos gamma), radiación de haz de electrones o partículas más pesadas que los electrones que tienen carga positiva o negativa (por ejemplo, protones o iones de carbono), cualquiera de las mezclas de materiales que contienen hidratos de carbono y materiales inorgánicos descritos en el presente documento se ioniza; es decir, incluyen radicales en niveles que son detectables con un espectrómetro de resonancia de espín electrónico. El límite práctico actual de detección de los radicales es de aproximadamente 10^{14} vueltas a temperatura ambiente. Después de la ionización, cualquier material de biomasa que haya sido ionizado se puede neutralizar para reducir el nivel de radicales en la biomasa ionizada, por ejemplo, de tal forma que los radicales y a no sean detectables con el espectrómetro de resonancia de espín electrónico. Por ejemplo, los radicales pueden inactivarse mediante la aplicación de una presión suficiente a la biomasa y/o utilizando un fluido en contacto con la biomasa ionizada, tal como un gas o líquido, que reacciona con (inactiva) los radicales. El uso de un gas o líquido para facilitar al menos la inactivación de los radicales también permite al operador controlar la funcionalización de la biomasa ionizada con una cantidad deseada y un tipo de grupos funcionales, tales como grupos ácido carboxílico, grupos enol, grupos aldehído, grupos nitro, grupos nitrilo, grupos amino, grupos alquilamino, grupos alquilo, grupos cloroalquilo o grupos clorofluoroalquilo. En algunos casos, dicha inactivación puede mejorar la estabilidad de algunos de los materiales de biomasa ionizados. Por ejemplo, la inactivación puede mejorar la resistencia de la biomasa a la oxidación. La funcionalización por inactivación también puede mejorar la solubilidad de cualquier biomasa descrita en el presente documento, puede mejorar su estabilidad térmica, que puede ser importante en la fabricación de materiales compuestos, y puede mejorar la utilización del material por diversos microorganismos. Por ejemplo, los grupos funcionales impartidos al material de biomasa por inactivación pueden actuar como sitios receptores para la unión por microorganismos, por ejemplo, para mejorar la hidrólisis de la celulosa por diversos microorganismos.

Si la biomasa ionizada permanece en la atmósfera, se oxidará, hasta tal punto que los grupos de ácido carboxílico se generan por reacción con el oxígeno atmosférico. En algunos aspectos con algunos materiales, dicha oxidación se desea debido a que puede ayudar en la descomposición adicional en peso molecular de la biomasa que contiene hidratos de carbono, y los grupos de oxidación, por ejemplo, grupos ácido carboxílico pueden ser útiles para solubilidad y utilización de microorganismos en algunos aspectos. Sin embargo, dado que los radicales pueden "vivir" durante algún tiempo después de la irradiación, por ejemplo, más de 1 día, 5 días, 30 días, 3 meses, 6 meses o incluso más de 1 año, las propiedades del material pueden seguir cambiando a lo largo del tiempo, lo que en algunos aspectos, puede ser deseable.

La detección de radicales en muestras irradiadas por espectroscopía de resonancia de espín electrónico y la vida útil de los radicales en tales muestras se analiza en Bartolotta et al., *Physics in Medicine and Biology*, 46 (2001), 461-471 y en Bartolotta et al., *Radiation Protection Dosimetry*, Vol. 84, N.º 1-4, págs. 293-296 (1999), cuyo contenido se incorpora en el presente documento por referencia.

Sonicación, pirólisis, oxidación

Se pueden usar una o más secuencias de procesamiento de sonicación, pirólisis y/o oxidativo para procesar una materia prima en bruto de una amplia diversidad de diferentes fuentes para extraer sustancias útiles de la materia prima, y para proporcionar material orgánico parcialmente degradado que funciona como entrada a otras etapas y/o secuencias de procesamiento. Dicho procesamiento puede reducir el peso molecular y/o la cristalinidad de la materia prima y la biomasa, por ejemplo, una o más fuentes de hidratos de carbono, tales como materiales celulósicos o lignocelulósicos, o materiales amiláceos. Estos procesos se describen en el documento de Estados Unidos N.º de Serie 12/429.045.

Otros procesos

La explosión de vapor se puede usar en solitario sin ninguno de los procesos descritos en el presente documento, o junto con cualquiera de los procesos descritos en el presente documento.

Cualquier técnica de procesamiento descrita en el presente documento puede usarse a presión por encima o por debajo de la presión atmosférica normal unida a la tierra. Por ejemplo, cualquier proceso que utilice radiación, sonicación, oxidación, pirólisis, explosión de vapor o combinaciones de cualquiera de estos procesos para proporcionar materiales que incluyen un carbohidrato puede realizarse a alta presión, lo que puede aumentar las velocidades de reacción. Por ejemplo, puede realizarse cualquier proceso o combinación de procesos a una presión superior a aproximadamente 25 MPa, por ejemplo, superior a 50 MPa, 75 MPa, 100 MPa, 150 MPa, 200 MPa, 250 MPa, 350 MPa, 500 MPa, 750 MPa, 1.000 MPa, o más de 1.500 MPa.

10 **PROCESOS PRIMARIOS Y POSTPROCESAMIENTO**

Los materiales tratados usando cualquiera de los procesos descritos en el presente documento pueden someterse luego a otros procesos, por ejemplo, procesos primarios tales como fermentación y gasificación, y/o etapas de postprocesamiento tales como destilación, procesamiento de aguas residuales, combustión de desechos, y similares. Dichos procesos se describen en detalle en las solicitudes de patente que se han incorporado en el presente documento por referencia, por ejemplo, en el documento 12/429.045.

PRODUCTOS/CO-PRODUCTOS

Usando tales procesos primarios y/o postprocesamiento, la biomasa tratada se puede convertir en uno o más productos, por ejemplo, alcoholes, por ejemplo, metanol, etanol, propanol, isopropanol, butanol, por ejemplo, n-, sec- o t-butanol, etilenglicol, propilenglicol, 1,4-butanodiol, glicerina o mezclas de estos alcoholes; ácidos orgánicos, tales como ácido fórmico, ácido acético, ácido propiónico, ácido butírico, ácido valérico, ácido caproico, palmítico, ácido esteárico, ácido oxálico, ácido malónico, ácido succínico, ácido glutárico, ácido oleico, ácido linoleico, ácido glicólico, ácido láctico, ácido γ -hidroxibutírico o mezclas de estos ácidos; productos alimenticios; alimento para animales; productos farmacéuticos; o productos nutracéuticos. Los coproductos que se pueden producir incluyen residuos de lignina.

MATERIALES

30 **Materiales inorgánicos**

En algunas realizaciones, el material inorgánico es o incluye un metal o una aleación de metal. Por ejemplo, el metal puede incluir un metal base, como hierro, níquel, plomo, cobre o cinc, un metal ferroso, como hierro forjado o arrabio, un metal noble, tal como tántalo, oro, platino o rodio, un metal precioso, tal como rutenio, rodio, paladio, osmio, iridio o platino, o un metal de transición, por ejemplo, elementos 21 a 30 (inclusive), 39 a 48 (inclusive), 71 a 80 (inclusive), y 103 a 112 de la tabla periódica de los elementos.

En realizaciones específicas, el material inorgánico es o incluye una aleación de metal, tal como una aleación binaria o ternaria. En realizaciones particulares, la aleación es o incluye acero, latón, bronce, aluminio, hastelloy, aleación de Al-Li, aleación de aluminio, aleación de nabe, aleación de silumina, AA-8000 y aleación de magnalio.

En una realización, el material inorgánico es o incluye aluminio, tal como un residuo de envases que incluye una capa de aluminio.

En otras realizaciones, el material inorgánico es o incluye un compuesto metálico, tal como un compuesto inorgánico de hierro o cobalto, tal como un compuesto de hierro o cobalto inorgánico en el que el hierro o el cobalto están en el estado de oxidación 2+ o 3+. Los ejemplos de tales compuestos de hierro son sulfato de amonio y hierro (II) hexahidrato, solución de sulfato de amonio y hierro (II), sulfato de amonio y hierro (III) dodecahidrato, sulfato de amonio y hierro (III), sulfato de hierro (II) heptahidrato, sulfato de hierro (II) hidrato, solución de sulfato de hierro (II), y sulfato de hierro (III) hidrato.

En otras formas de realización adicionales, el material inorgánico es o incluye un material refractario, tal como un refractario ácido, neutro o básico. Los ejemplos de materiales refractarios ácidos incluyen zircón, arcilla refractaria y sílice. Los ejemplos de materiales refractarios neutros incluyen alúmina, cromita, carburo de silicio, carbono y mulilita. Los ejemplos de materiales refractarios básicos incluyen dolomita o magnesita.

En otras realizaciones más, el material inorgánico incluye una cerámica, tal como un óxido, un carburo, un boruro, un nitruro, un siliciuro o un caolín (por ejemplo, natural, neutro, ácido, básico o blanqueado). Por ejemplo, el óxido puede ser un óxido de aluminio, tal como alúmina, un óxido de zirconio, un óxido de silicio, un óxido de cinc, o un

óxido de titanio, tal como dióxido de titanio.

En algunas realizaciones, el aditivo inorgánico incluye entre aproximadamente el 0,25 y aproximadamente el 25 por ciento en peso de agua en el mismo y/o sobre el mismo. En una realización específica, el material inorgánico incluye agua de hidratación que es capaz de dejar el material inorgánico a temperaturas elevadas, tal como a lúmina hidratada.

Otros ejemplos de materiales inorgánicos útiles incluyen carbonato cálcico, arcilla aragonita, arcillas ortorrómbicas, arcilla calcita, arcillas romboédricas, arcilla bentonita, fosfato dicálcico, fosfato dicálcico anhidro, fosfato dicálcico dihidratado, fosfato tricalcico, pirofosfato cálcico, metafosfato sódico insoluble, carbonato de calcio precipitado, ortofosfato de magnesio, fosfato de trimagnesio, hidroxiapatitas, apatitas sintéticas, xerogel de sílice hidratada, complejos de aluminosilicato de metal, silicatos de aluminio y sodio, silicato de zirconio, arena, vidrio, piedra, roca, montmorillonita y esquistos.

15 En algunas realizaciones, el material inorgánico tiene un punto de fusión de más de aproximadamente 400 °C, tal como más de aproximadamente 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1,400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2600 o incluso más de 2800 °C. En otros aspectos, el material inorgánico no tiene o no incluye un material que tenga un punto de fusión.

20 En algunos aspectos, el material inorgánico tiene una capacidad calorífica específica C_p de menos de aproximadamente 1,5 J/gK, tal como menos de aproximadamente 1,25, 1,0, 0,75, 0,50, 0,25, o incluso menos de aproximadamente 0,1 J/gK. En diversos ejemplos, el material inorgánico puede tener una capacidad calorífica específica C_p de entre aproximadamente 1,25 y aproximadamente 0,2 J/gK, tal como entre aproximadamente 1,15 y aproximadamente 0,25 o entre aproximadamente 0,85 y 0,30 J/gK.

25 El material inorgánico puede tener una conductividad térmica de entre aproximadamente 0,004 y aproximadamente 450 W/mK, entre aproximadamente 0,04 y aproximadamente 250 W/mK, entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 150 W/mK, o entre aproximadamente 0,25 y aproximadamente 50 W/mK.

30 El material inorgánico puede tener una densidad mayor de aproximadamente 1,5 g/cm³ tal como mayor de aproximadamente 2,0, 2,5, 3,0, 5,0, 7,0, 8,0, 9,0, 12,0, 15,0, 18,0 o incluso más de 20,0 g/cm³. El material inorgánico puede tener una densidad de entre aproximadamente más de 3,5 g/cm³ y aproximadamente 20,0 g/cm³, entre aproximadamente 4,0 g/cm³ y aproximadamente 18 g/cm³ o entre aproximadamente 4,5 g/cm³ y aproximadamente 13 g/cm³.

35 En algunos casos, el material inorgánico es o incluye partículas que tienen una forma sustancialmente esférica, y que tienen un tamaño de partícula promedio, por ejemplo, diámetro, que varía de aproximadamente 0,1 micrómetros a aproximadamente 100 micrómetros, de aproximadamente 0,25 micrómetros a aproximadamente 75 micrómetros, o de aproximadamente 0,5 micrómetros a aproximadamente 50 micrómetros. En algunos casos, el tamaño de partícula puede variar de aproximadamente 10 nm a aproximadamente 1000 nm. Las partículas también pueden estar en forma de fibras, placas, o tener otras morfologías. Las partículas pueden tener un área superficial de, por ejemplo, aproximadamente 0,5 a 500 m²/g.

45 Para maximizar el efecto del aditivo inorgánico, la combinación puede tener entre aproximadamente el 0,05 a aproximadamente el 35 por ciento en peso de material inorgánico, tal como entre aproximadamente el 0,1 a aproximadamente el 20 por ciento en peso de material inorgánico o entre aproximadamente el 0,5 y aproximadamente el 10 por ciento en peso del material inorgánico.

Materiales de biomasa

50 Generalmente, cualquier material de biomasa que es o incluye un carbohidrato, compuesto por completo por una o más unidades de sacáridos o que incluye una o más unidades de sacáridos, se puede procesar mediante cualquiera de los métodos descritos en el presente documento. Por ejemplo, el material de biomasa puede ser celulósico, lignocelulósico, almidón o azúcares.

55 Por ejemplo, dichos materiales pueden incluir materiales fibrosos, tales como papel, productos de papel, la madera, los productos relacionados con la madera, los tableros de partículas, las hierbas, las cascarillas de arroz, el bagazo, el algodón, el yute, el cáñamo, el lino, el bambú, el sisal, el abacá, la paja, las mazorcas de maíz, las cascarillas de arroz, el pelo de coco, las algas, las algas marinas, el algodón, las celulosas sintéticas o mezclas de cualquiera de estos.

60

En algunos casos, la biomasa es un material microbiano. Las fuentes microbianas incluyen, pero sin limitación, cualquier microorganismo u organismo de origen natural o genéticamente modificado que contenga o sea capaz de proporcionar una fuente de hidratos de carbono (por ejemplo, celulosa), por ejemplo, protistas (por ejemplo, animal 5 (por ejemplo, protozoos tales como flagelados, ameboides, ciliados y esporozoos) y plantas (por ejemplo, algas tales como alveolatos, ciliaradiofitos, ciliatomonas, euglenidos, glaucófitos, haptófitos, algas rojas, e stramenopilos y viridiplantae), algas marinas, plancton (por ejemplo, macroplancton, mesoplancton, microplancton, nanoplancton, picoplancton y fitoplancton), bacterias (por ejemplo, bacterias gram positivas, bacterias gram negativas y extremófilas), levadura y/o mezclas de estos. En algunos casos, la biomasa microbiana se puede 10 obtener a partir de fuentes naturales, por ejemplo, el océano, lagos, masas de agua, por ejemplo, agua salada o agua fresca, o en tierra. Alternativamente, o además, la biomasa microbiana se puede obtener a partir de sistemas de cultivo, por ejemplo, sistemas de cultivo seco y húmedo a gran escala.

Otros materiales de biomasa se analizan en las solicitudes de patentes de Estados Unidos incorporadas por 15 referencia en el presente documento anteriormente.

20

OTRAS REALIZACIONES

Irradiación de baja dosis y compuestos

25 Aunque la irradiación se ha analizado anteriormente principalmente en el contexto de reducir el peso molecular y la cristalinidad de la biomasa, en algunas realizaciones, dosis relativamente bajas de radiación pueden reticular, injertar o aumentar de otro modo el peso molecular de un material que contiene hidratos de carbono. Tal material que tiene un peso molecular aumentado puede ser útil, por ejemplo, para fabricar un compuesto que tenga propiedades mecánicas mejoradas, tales como resistencia a la abrasión, resistencia a la compresión, resistencia a la 30 fractura, resistencia al impacto, resistencia a la flexión, módulo de tracción, módulo de flexión y alargamiento en rotura. Tal material que tiene un peso molecular aumentado puede ser útil para preparar una composición. La formación de compuestos se describe en el documento WO 2006/102543, y en los documentos de Estados Unidos N.º de Serie 12/417.720 y 12/429.045.

35 Como alternativa, un material, por ejemplo, un material fibroso que incluye un primer material celulósico y/o lignocelulósico que tiene un primer peso molecular, en una mezcla con un material inorgánico, se puede combinar con una resina para proporcionar un compuesto, y luego el material compuesto se puede irradiar con una dosis relativamente baja de radiación para proporcionar un segundo material celulósico y/o lignocelulósico que tiene un segundo peso molecular mayor que el primer peso molecular. Por ejemplo, si se utiliza radiación gamma como 40 fuente de radiación, se puede aplicar una dosis de aproximadamente 1 Mrad a aproximadamente 10 Mrad. El uso de este enfoque aumenta el peso molecular del material mientras está dentro de una matriz de resina. En algunas realizaciones, la resina es una resina reticulable y, como tal, se reticula a medida que el material que contiene hidratos de carbono aumenta en peso molecular, lo que puede proporcionar un efecto sinérgico para proporcionar propiedades mecánicas ventajosas al compuesto.

45

Tratamiento con materiales que contienen hidrocarburos

En algunas realizaciones, los métodos y sistemas descritos en el presente documento se pueden usar para procesar materiales que contienen hidrocarburos tales como alquitrán o arenas bituminosas, pizarra bituminosa, petróleo 50 crudo (por ejemplo, petróleo crudo pesado y/o petróleo crudo liviano), betún, carbón, por ejemplo, turba, lignito, carbón sub-bituminoso, bituminoso y antracítico, gases de petróleo (por ejemplo, metano, etano, propano, butano, isobutano), gases natural licuado y/o sintético, asfalto y otros materiales naturales que incluyen diversos tipos de hidrocarburos. Por ejemplo, una instalación de procesamiento para materiales que contienen hidrocarburos recibe un suministro de materia prima. La materia prima se puede suministrar directamente desde una mina, por ejemplo, 55 mediante una cinta transportadora y/o un sistema de vagón de ferrocarril, y en ciertas realizaciones, la instalación de procesamiento puede construirse en una proximidad relativamente próxima a la mina o incluso encima de ella. En algunas realizaciones, la materia prima puede transportarse a la instalación de procesamiento a través de un vagón de mercancías ferroviario u otro sistema de transporte motorizado, y/o bombearse a la instalación de procesamiento a través de una tubería.

60

Cuando la materia prima entra en la instalación de procesamiento, la materia prima puede degradarse mecánica y/o químicamente para producir material de partida. Como ejemplo, la materia prima puede incluir material derivado de arenas bituminosas y que contiene betún en bruto. El betún puede luego procesarse en uno o más productos hidrocarbonados usando los métodos descritos en el presente documento, por ejemplo, mezclando el betún con un material inorgánico como se describe en el presente documento e irradiando la mezcla. En algunas realizaciones, el material de arenas bituminosas se puede extraer de minas de superficie tales como minas a cielo abierto. En ciertas realizaciones, el material de arenas bituminosas subsuperficiales se puede extraer usando un proceso de flotación de agua caliente que elimina el aceite de las partículas de arena, y luego añadir nafta para permitir el bombeo del aceite a la instalación de procesamiento.

10

Por ejemplo, para procesar betún a partir de arenas bituminosas, se pueden usar una o más de las técnicas descritas en el presente documento antes de cualquier etapa de descomposición mecánica, después de una o más etapas de descomposición mecánica, antes del craqueo, después del craqueo y/o antes de hidrotreamiento, y después del hidrotreamiento. Como otro ejemplo, para procesar pizarra bituminosa, se pueden usar una o más de las técnicas descritas en el presente documento antes de una o más etapas de vaporización y purificación analizadas anteriormente. Los productos derivados de las materias primas a base de hidrocarburos se pueden tratar de nuevo con cualquier combinación de técnicas antes de transportar los productos fuera de la instalación de procesamiento (por ejemplo, ya sea a través de un transporte motorizado o mediante una tubería).

15

Las técnicas descritas en el presente documento se pueden aplicar para procesar materia prima y/o intermedia en forma seca, en una solución o suspensión, o en forma gaseosa (por ejemplo, para procesar vapores de hidrocarburos a temperatura elevada). La solubilidad de los productos en bruto o intermedios en soluciones y suspensiones puede controlarse mediante la adición selectiva de uno o más agentes tales como ácidos, bases, agentes oxidantes, agentes reductores y sales. En general, los métodos descritos en el presente documento pueden usarse para iniciar y/o sostener la reacción de materias primas y/o intermedias que contienen hidrocarburos, la extracción de materiales intermedios de materias primas (por ejemplo, la extracción de componentes de hidrocarburos de otros componentes sólidos o líquidos), la distribución de materias primas y/o intermedias, y la separación de materiales intermedios de materias primas (por ejemplo, separación de componentes que contienen hidrocarburos de otros componentes de matriz sólida para aumentar la concentración y/o pureza y/u homogeneidad de los componentes de hidrocarburos).

20

25

Además, los microorganismos se pueden usar para procesar materias primas o intermedias, ya sea antes o después de la irradiación. Los microorganismos adecuados incluyen diversos tipos de bacterias, levaduras y mezclas de los mismos, como se ha descrito previamente. La instalación de procesamiento puede equiparse para eliminar los subproductos dañinos que resultan del procesamiento de materias primas o intermedias, incluyendo productos gaseosos que son dañinos para los operadores humanos, y los subproductos químicos que son dañinos para los seres humanos y/o diversos microorganismos.

30

En algunas realizaciones, el uso de una o más de las técnicas descritas en el presente documento da como resultado una reducción del peso molecular de uno o más componentes de la materia prima o intermedia que se procesa. Como resultado, se pueden producir diversas sustancias hidrocarbonadas de menor peso a partir de una o más sustancias hidrocarbonadas de mayor peso. En ciertas realizaciones, el uso de una o más de las técnicas descritas en el presente documento da como resultado un aumento en el peso molecular de uno o más componentes de la materia prima o intermedia que se procesa. Por ejemplo, las diversas técnicas descritas en el presente documento pueden inducir la formación de enlaces entre las moléculas de los componentes, conduciendo a la formación de cantidades aumentadas de ciertos productos, e incluso a nuevos productos de mayor peso. Además de los productos hidrocarbonados, se pueden extraer diversos compuestos diferentes de las materias primas, incluyendo compuestos a base de nitrógeno (por ejemplo, amoníaco), compuestos a base de azufre, y silicatos y otros compuestos a base de silicio. En ciertas realizaciones, uno o más productos extraídos de las materias primas pueden quemarse para generar calor de proceso para calentar agua, materias primas o intermedias, generar energía eléctrica, o para otras aplicaciones.

40

45

En algunas realizaciones, el procesamiento de materias primas y/o intermedias mediante la mezcla con un material inorgánico y la irradiación de la mezcla puede conducir a mejoras en la eficacia (e incluso la eliminación) de otras etapas de procesamiento. Por ejemplo, procesar materiales de arena bituminosa (incluyendo betún) usando una o más de las técnicas descritas en el presente documento puede conducir a un craqueo y/o hidrotreamiento más eficiente del betún. Como otro ejemplo, el procesamiento de pizarra bituminosa puede conducir a una extracción más eficiente de diversos productos, incluyendo el petróleo de esquisto y/o el gas de esquisto, de la pizarra bituminosa. En ciertas realizaciones, las etapas tales como el craqueo o la vaporización pueden incluso no ser necesarias si las técnicas descritas en el presente documento se usan primero para tratar la materia prima. Además,

50

55

60

en algunas realizaciones, el tratamiento de las materias primas y/o intermedias, los productos pueden hacerse más solubles en ciertos disolventes, en preparación para etapas de procesamiento posteriores en solución (por ejemplo, chorro de vapor, sonicación). La mejora de la solubilidad de los productos puede mejorar la eficacia de las etapas de tratamiento basado en soluciones posteriores. Mejorando la eficiencia de otras etapas de procesamiento (por ejemplo, craqueo y/o hidrotreatmento de betún, vaporización de pizarra bituminosa), la energía total consumida en el procesamiento de las materias primas puede reducirse, haciendo que la extracción y el procesamiento de las materias primas sea económicamente factibles.

En ciertas realizaciones, los haces de iones pueden ser particularmente eficaces para procesar materias primas que contienen hidrocarburos. Por ejemplo, debido a la capacidad de los haces de iones para iniciar tanto reacciones de polimerización como de depolimerización, para depositar calor en el material irradiado, y para pulverizar o desplazar de otro modo átomos del material irradiado, materiales de hidrocarburos tales como arenas bituminosas, pizarra bituminosa, petróleo crudo, asfalto y otros materiales se pueden tratar para mejorar las etapas de procesamiento adicionales para estos materiales y/o para extraer productos útiles de los materiales.

Los productos derivados del procesamiento de materiales que contienen hidrocarburos pueden incluir uno o más compuestos adecuados para su uso como combustibles. Los compuestos de combustible pueden usarse in situ (por ejemplo, quemarse para generar energía eléctrica) y/o pueden transportarse a otra instalación para su almacenamiento.

Procesamiento de petróleo crudo

Los métodos y sistemas descritos en el presente documento se pueden usar para procesar petróleo crudo además de, o como alternativa a, las tecnologías convencionales de refinado de petróleo. En particular, los métodos de tratamiento con haces de iones - en solitario o junto con cualquiera de los otros métodos descritos en el presente documento - se pueden usar para el craqueo de petróleo a baja temperatura, reformado, funcionalización y otros procesos.

Generalmente, el tratamiento de petróleo crudo y/o componentes del mismo usando los métodos descritos en el presente documento (incluyendo, por ejemplo, tratamiento con haces de iones, en solitario o junto con uno o más de otros métodos) puede usarse para modificar pesos moleculares, estructuras químicas, viscosidades, solubilidades, densidades, presiones de vapor y otras propiedades físicas de los materiales tratados. Los iones típicos que se pueden usar para el tratamiento de petróleo crudo y/o componentes del mismo pueden incluir protones, iones de carbono, iones de oxígeno y cualquiera de los otros tipos de iones descritos en el presente documento. Además, los iones utilizados para tratar petróleo crudo y/o sus componentes pueden incluir iones metálicos; en particular, se pueden usar iones de metales que catalizan ciertos procesos de refinación (por ejemplo, craqueo catalítico) para tratar petróleo crudo y/o componentes del mismo. Los ejemplos de iones metálicos incluyen, pero sin limitación, iones de platino, iones de paladio, iones de iridio, iones de rodio, iones de rutenio, iones de aluminio, iones de renio, iones de wolframio e iones de osmio.

En algunas realizaciones, pueden usarse múltiples etapas de exposición a iones. Se puede usar una primera exposición a iones para tratar el petróleo crudo (o componentes del mismo) para realizar un primer cambio en uno o más de peso molecular, estructura química, viscosidad, densidad, presión de vapor, solubilidad y otras propiedades. Después, una o más exposiciones de iones adicionales pueden usarse para efectuar cambios adicionales en las propiedades. Como ejemplo, la primera exposición a iones puede usarse para convertir una fracción sustancial de uno o más componentes pesados de alto punto de ebullición en compuestos de bajo peso molecular con menores puntos de ebullición. Después, se pueden usar una o más exposiciones de iones adicionales para provocar la precipitación de las cantidades remanentes de los componentes pesados de la mezcla de componentes.

En general, se puede implementar un gran número de protocolos de procesamiento diferentes, de acuerdo con la composición y las propiedades físicas de la materia prima. En ciertas realizaciones, las exposiciones de iones múltiples pueden incluir exposiciones a solo un tipo de ion. En algunas realizaciones, las exposiciones de iones múltiples pueden incluir exposiciones a más de un tipo de ion. Los iones pueden tener las mismas cargas, o diferentes magnitudes de carga y/o signos.

En algunas realizaciones, el petróleo crudo y/o componentes del mismo pueden funcionalizarse durante la exposición a haces de iones. Por ejemplo, la composición de uno o más haces de iones puede seleccionarse para fomentar la adición de grupos funcionales particulares a ciertos componentes (o todos los componentes) de una materia prima de petróleo crudo. Se pueden añadir uno o más agentes de funcionalización (por ejemplo, amoniaco) a la materia prima para introducir grupos funcionales particulares. Funcionalizando el petróleo crudo y/o

componentes del mismo, se puede aumentar la movilidad iónica dentro de los compuestos funcionalizados (lo que conduce a una mayor penetración iónica eficaz durante la exposición), y las propiedades físicas tales como viscosidad, densidad y solubilidad del petróleo crudo y/o componentes del mismo pueden alterarse. Alterando una o más propiedades físicas del petróleo crudo y/o componentes del petróleo crudo, se puede ajustar la eficacia y la selectividad de las etapas de refinado posteriores, y se pueden controlar las corrientes de producto disponibles. Además, la funcionalización del petróleo crudo y/o los componentes de petróleo crudo puede conducir a una eficacia de activación mejorada de los catalizadores usados en las etapas de refinado posteriores.

En general, los métodos descritos en el presente documento, incluyendo la exposición de haces de iones de petróleo crudo y componentes de petróleo crudo, pueden realizarse antes, durante o después de cualquiera de las otras etapas de refinado descritas en el presente documento, y/o antes, durante o después cualquier otra etapa que se use para refinar petróleo crudo. Los métodos descritos en el presente documento también se pueden usar después de que se complete el refinado, y/o antes de que comience el refinado. En ciertas realizaciones, los métodos descritos en el presente documento, incluyendo la exposición de haces de iones, pueden usarse para procesar petróleo crudo incluso durante la extracción del petróleo crudo de los campos petrolíferos.

En algunas realizaciones, cuando el petróleo crudo y/o componentes del mismo se exponen a uno o más haces de iones, el material expuesto también puede exponerse a uno o más gases simultáneamente con la exposición de iones. Ciertos componentes del petróleo crudo, tales como los componentes que incluyen anillos aromáticos, pueden ser relativamente más estables a la exposición a haces de iones que los componentes no aromáticos. Típicamente, por ejemplo, la exposición al haz de iones conduce a la formación de intermedios reactivos tales como radicales de hidrocarburos. Los hidrocarburos pueden reaccionar en tonces con otros hidrocarburos menos reactivos. Para reducir el peso molecular promedio del material expuesto, las reacciones entre los productos reactivos y los hidrocarburos menos reactivos conducen a eventos de ruptura de enlaces moleculares, produciendo fragmentos de menor peso a partir de moléculas de cadena más larga. Sin embargo, los intermedios reactivos más estables (por ejemplo, los intermedios de hidrocarburos aromáticos) pueden no reaccionar con otros hidrocarburos, e incluso pueden experimentar polimerización, lo que conduce a la formación de compuestos de mayor peso. Para reducir el grado de polimerización en el petróleo crudo expuesto a haces iónicos y/o en los componentes del petróleo crudo, se pueden introducir uno o más inactivadores de radicales durante la exposición al haz de iones. Los inactivadores de radicales pueden limitar los intermedios reactivos, evitando la formación de nuevo de enlaces químicos que se han roto por los iones incidentes. Los inactivadores de radicales adecuados incluyen donantes de hidrógeno tales como gas hidrógeno.

En ciertas realizaciones, los compuestos reactivos pueden introducirse durante la exposición a haces de iones para promover adicionalmente la degradación del petróleo crudo y/o los componentes del petróleo crudo. Los compuestos reactivos pueden ayudar a diversas reacciones de degradación (por ejemplo, ruptura de enlaces), conduciendo a una reducción en el peso molecular del material expuesto. Un compuesto reactivo ejemplar es el ozono, que se puede introducir directamente como un gas, o generarse in situ mediante la aplicación de una alta tensión a un gas de suministro que contiene oxígeno (por ejemplo, gas oxígeno, aire) o la exposición del gas de suministro que contiene oxígeno a un haz de iones y/o un haz de electrones. En algunas realizaciones, la exposición a haces de iones de petróleo crudo y/o componentes de petróleo crudo en presencia de un fluido tal como gas oxígeno o aire puede conducir a la formación de gas ozono, que también ayuda a la degradación del material expuesto.

Antes y/o después de la destilación en una refinería, el petróleo crudo y/o componentes del mismo pueden someterse a una diversidad de otros procesos de refinería para purificar los componentes y/o convertir los componentes en otros productos, por ejemplo, craqueo catalítico, alquilación, reformado catalítico e isomerización, e hidrocraqueo catalítico. Los métodos descritos en el presente documento pueden integrarse con dichos procesos de refinería si se desea.

Por ejemplo, los métodos descritos en el presente documento pueden usarse antes, durante, y/o después del craqueo catalítico para tratar componentes de petróleo crudo. En particular, la exposición al haz de iones (en solitario o junto con otros métodos) se puede utilizar para tratar previamente la materia prima antes de la inyección en el elevador, para tratar los hidrocarburos (incluidos los vapores de hidrocarburos) durante el craqueo, y/o tratar los productos del proceso de craqueo catalítico.

Los catalizadores de craqueo incluyen típicamente materiales tales como aluminosilicatos naturales tratados con ácido, combinaciones de sílice-alúmina amorfas sintéticas, y catalizadores de sílice-alúmina sintéticos cristalinos (por ejemplo, zeolitas). Durante el proceso de craqueo catalítico, los componentes del petróleo crudo pueden exponerse a iones de uno o más haces de iones para aumentar la eficiencia de estos catalizadores. Por ejemplo, los componentes de petróleo crudo pueden exponerse a uno o más tipos diferentes de iones metálicos que mejoran la

actividad del catalizador participando en reacciones catalíticas. Como alternativa, o además, los componentes del petróleo crudo pueden exponerse a iones que eliminan desechos de catalizadores típicos tales como compuestos de nitrógeno, hierro, níquel, vanadio y cobre, para asegurar que la eficacia del catalizador permanezca alta. Además, los iones pueden reaccionar con el coque que se forma sobre las superficies del catalizador para eliminar el coque (por ejemplo, mediante procesos tales como pulverización catódica, y/o mediante reacciones químicas), durante el craqueo o la regeneración del catalizador.

Los métodos descritos en el presente documento se pueden usar antes, durante y/o después de la alquilación para tratar componentes de petróleo crudo. En particular, la exposición al haz de iones (en solitario, o junto con otros métodos) durante la alquilación puede ayudar a la reacción de adición entre olefinas e isoparafinas. En algunas realizaciones, la exposición al haz de iones de los componentes de petróleo crudo puede reducir o incluso eliminar la necesidad de catalizadores de ácido sulfúrico y/o ácido fluorhídrico, reduciendo el coste y la naturaleza peligrosa del proceso de alquilación. Los tipos de iones, el número de exposiciones al haz de iones, la duración de la exposición, y la corriente del haz de iones pueden ajustarse para fomentar preferiblemente las reacciones de adición 1+1 entre las olefinas y las isoparafinas, y evitar que se produzcan reacciones de polimerización prolongadas.

En los procesos de reformado catalítico, las estructuras moleculares de hidrocarburos se reordenan para formar aromáticos de alto octano para la producción de gasolina; se produce una cantidad relativamente menor de craqueo. Durante el reformado, las principales reacciones que conducen a la formación de compuestos aromáticos son la deshidrogenación de naftenos y la deshidrociclación de parafinas. Los métodos descritos en el presente documento se pueden usar antes, durante y/o después de la reforma catalítica para tratar componentes de petróleo crudo. En particular, puede usarse exposición a haz de iones (en solitario, o junto con otros métodos) para iniciar y sostener reacciones de deshidrogenación de naftenos y/o reacciones de deshidrociclación de parafinas para formar hidrocarburos aromáticos. Las exposiciones únicas o múltiples de los componentes de petróleo crudo a uno o más tipos diferentes de iones pueden usarse para mejorar el rendimiento de los procesos de reformado catalítico. Por ejemplo, en ciertas realizaciones, las reacciones de deshidrogenación y/o reacciones de deshidrociclación proceden a través de una abstracción de hidrógeno inicial. La exposición a iones básicos cargados negativamente puede aumentar la velocidad a la que ocurren tales abstracciones, promoviendo reacciones de deshidrogenación más eficientes y/o reacciones de deshidrociclación. En algunas realizaciones, las reacciones de isomerización pueden proceder de manera eficaz en entornos ácidos, y la exposición a iones ácidos cargados positivamente (por ejemplo, protones) puede aumentar la velocidad de las reacciones de isomerización.

Los catalizadores usados en la reformación catalítica generalmente incluyen platino soportado sobre una base de alúmina. El renio se puede combinar con platino para formar catalizadores más estables que permiten una operación a menor presión del proceso de reforma. Sin desear quedar ligado a ninguna teoría, se cree que el platino sirve como un sitio catalítico para las reacciones de hidrogenación y deshidrogenación, y la alúmina clorada proporciona un sitio de ácido para las reacciones de isomerización, ciclación e hidrocraqueo. En general, la actividad del catalizador se reduce por la deposición de coque y/o la pérdida de cloruro del soporte de alúmina. La restauración de la actividad del catalizador puede ocurrir a través de la oxidación a alta temperatura del coque depositado, seguido de la cloración del soporte.

En algunas realizaciones, la exposición al haz de iones puede mejorar la eficacia de los procesos de reformación catalítica mediante el tratamiento de materiales de catalizador durante y/o después de que se produzcan las reacciones de reforma. Por ejemplo, las partículas de catalizador pueden exponerse a iones que reaccionan y oxidan el coque depositado sobre las superficies del catalizador, eliminando el coque y manteniendo/devolviendo el catalizador a un estado activo. Los iones también pueden reaccionar directamente con el coque no depositado en el reactor de reforma, evitando la deposición sobre las partículas de catalizador. Además, el soporte de alúmina puede exponerse a iones elegidos adecuadamente (por ejemplo, iones de cloro) para volver a clorar la superficie del soporte. Al mantener el catalizador en un estado activo durante períodos más largos y/o eliminar los subproductos de reforma, la exposición al haz de iones puede conducir a un rendimiento mejorado y/o a unos costes operativos reducidos de los procesos de reforma catalítica.

Los métodos descritos en el presente documento se pueden usar antes, durante y/o después del hidrocraqueo catalítico para tratar componentes de petróleo crudo. En particular, la exposición al haz de iones (en solitario, o junto con otros métodos) puede usarse para iniciar procesos de hidrogenación y/o craqueo. Las exposiciones únicas o múltiples de los componentes de petróleo crudo a uno o más tipos diferentes de iones pueden usarse para mejorar el rendimiento de hidrocraqueo adaptando las condiciones de exposición específicas a diversas etapas del proceso. Por ejemplo, en algunas realizaciones, los componentes de petróleo crudo se pueden exponer a iones de hidruro para ayudar en el proceso de hidrogenación. Los procesos de craqueo pueden promoverse al exponer los componentes a iones reactivos, tales como protones y/o iones de carbono.

- En ciertas realizaciones, la exposición al haz de iones puede mejorar la eficacia de los procesos de hidrocrqueo mediante el tratamiento de materiales de catalizador durante y/o después de que se produzca el craqueo. Por ejemplo, las partículas de catalizador pueden exponerse a iones que reaccionan con y oxidan depósitos sobre las superficies del catalizador, eliminando los depósitos y manteniendo/devolviendo el catalizador a un estado activo. Los componentes del petróleo crudo también pueden estar expuestos a iones que corresponden a algunos o a todos los metales utilizados para el hidrocrqueo, incluyendo el platino, el paladio, el tungsteno y el níquel. Esta exposición a iones catalíticos puede aumentar la velocidad global del proceso de hidrocrqueo.
- 10 Una diversidad de otros procesos que se producen durante el curso del refinado de petróleo crudo también se pueden mejorar mediante, o sustituir por, los métodos descritos en el presente documento. Por ejemplo, los métodos descritos en el presente documento, incluyendo tratamiento con haz de iones de componentes de petróleo crudo, pueden usarse antes, durante y/o después de procesos de refinería tales como coquización, tratamientos térmicos (incluyendo craqueo térmico), hidroprocesamiento y polimerización para mejorar la eficiencia y rendimientos generales, y reducir el desperdicio generado por dichos procesos.
- 15

REIVINDICACIONES

1. Un método de procesamiento de un material que contiene hidratos de carbono, comprendiendo el método:
- 5 irradiar una combinación formada combinando un material que contiene hidratos de carbono con un material inorgánico, donde la irradiación se realiza con electrones acelerados, donde el material que contiene hidratos de carbono comprende un material celulósico o lignocelulósico, y
- 10 donde el material inorgánico comprende: un metal o una aleación de metal; un compuesto metálico; un material refractario; o una cerámica.
2. El método de la reivindicación 1, donde los electrones se aceleran a una velocidad superior al setenta y cinco por ciento de la velocidad de la luz.
- 15 3. El método de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, donde combinar el material que contiene hidratos de carbono con el material inorgánico comprende mezcla o co-trituración in situ, preferiblemente donde la combinación del material que contiene hidratos de carbono y el material inorgánico comprende co-triturar los materiales mientras que cada material se enfría a una temperatura inferior a 25 °C, opcionalmente donde los materiales se enfrían a una temperatura a o por debajo de 0 °C.
- 20 4. El método de la reivindicación 1, donde el metal o la aleación metálica se selecciona del grupo que consiste en metales ferrosos, metales base, metales nobles, metales preciosos y metales de transición.
- 25 5. El método de la reivindicación 1, donde el material inorgánico comprende aluminio metálico.
6. El método de la reivindicación 1, donde el compuesto metálico comprende hierro o cobalto en el estado de oxidación 2+ o 3+.
- 30 7. El método de la reivindicación 1, donde el material refractario se selecciona del grupo que consiste en circonio, arcilla refractaria, sílice, alúmina, cromita, carburo de silicio, carbono, mulita, dolomita y magnesita.
8. El método de la reivindicación 1, donde la cerámica se selecciona del grupo que consiste en óxidos, carburos, boruros, nitruros, siliciuros y caolinas.
- 35 9. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el material inorgánico comprende agua que es capaz de dejar el material inorgánico a temperaturas elevadas y/o donde el material inorgánico no tiene un punto de fusión y/o donde el material inorgánico tiene un punto de fusión de más de aproximadamente 400 °C.
- 40 10. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el material inorgánico tiene una capacidad calorífica específica Cp de menos de aproximadamente 1,5 y/o donde el material inorgánico tiene una conductividad de entre aproximadamente 0,004 y aproximadamente 450 W/mK y/o donde el material inorgánico tiene una densidad de más de aproximadamente 1,5 g/cm³.
- 45 11. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el material inorgánico comprende partículas que tienen un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 0,1 micrómetros a aproximadamente 100 micrómetros, y/o donde la combinación incluye aproximadamente de 0,05 a aproximadamente 35 por ciento en peso de material inorgánico.
- 50 12. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además, después de la irradiación, eliminar el material inorgánico, y convertir el material irradiado que contiene hidratos de carbono en un producto usando una enzima y/o un microorganismo.
- 55 13. El método de la reivindicación 13, donde el producto comprende etanol.
14. El método de la reivindicación 12 o 13, donde la eliminación tiene lugar después de la conversión.
- 60 15. El método de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, donde el microorganismo comprende una levadura.

FIG. 1

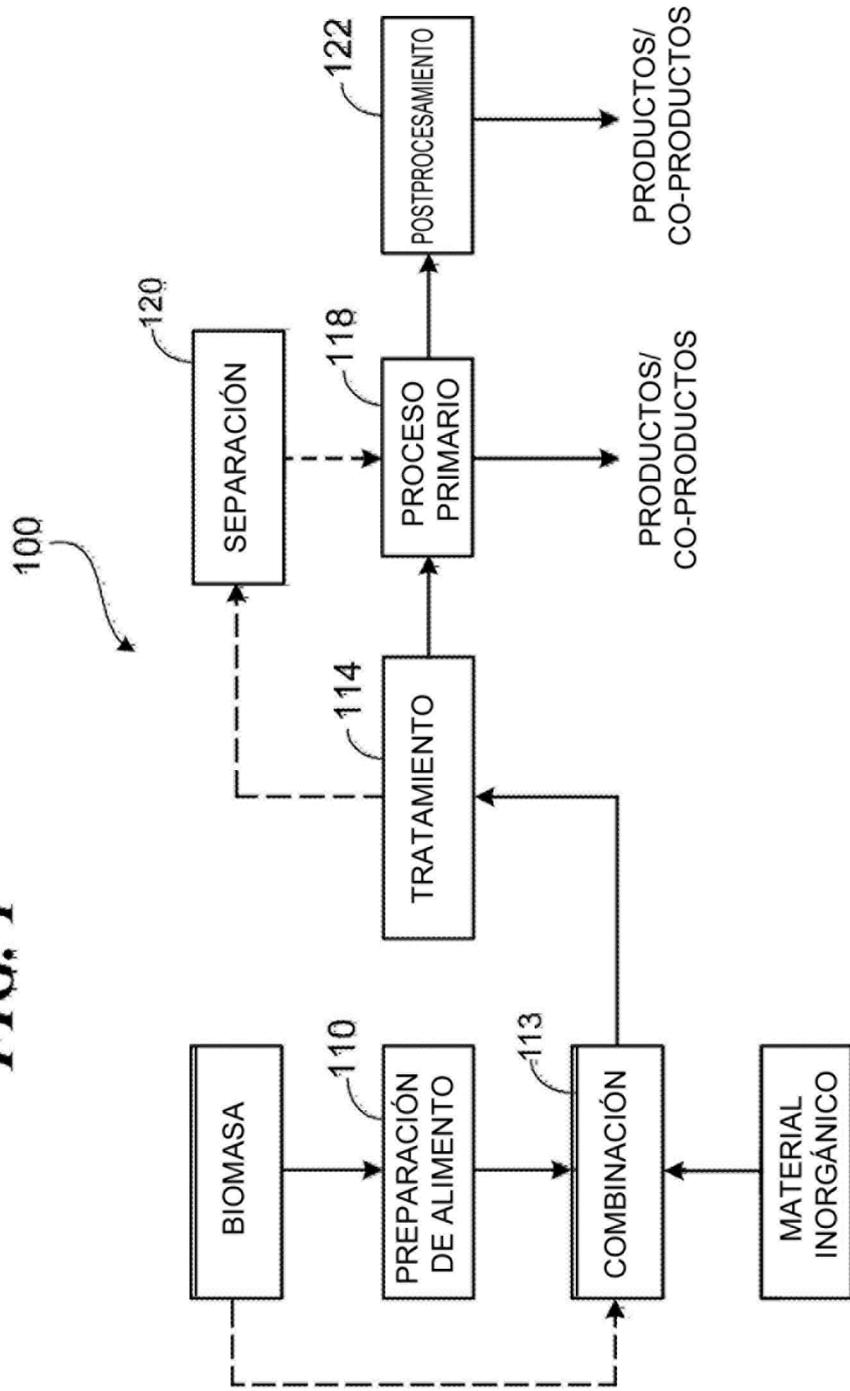


FIG. 2

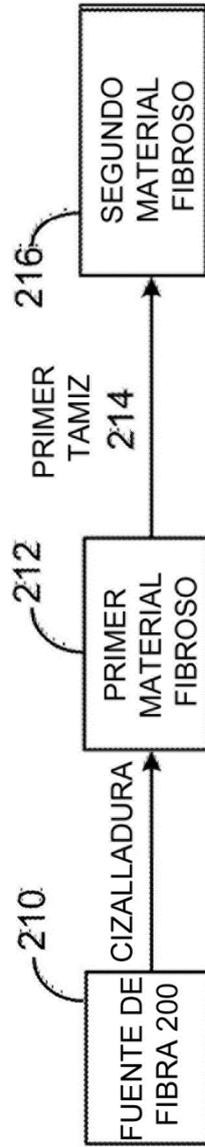


FIG. 3

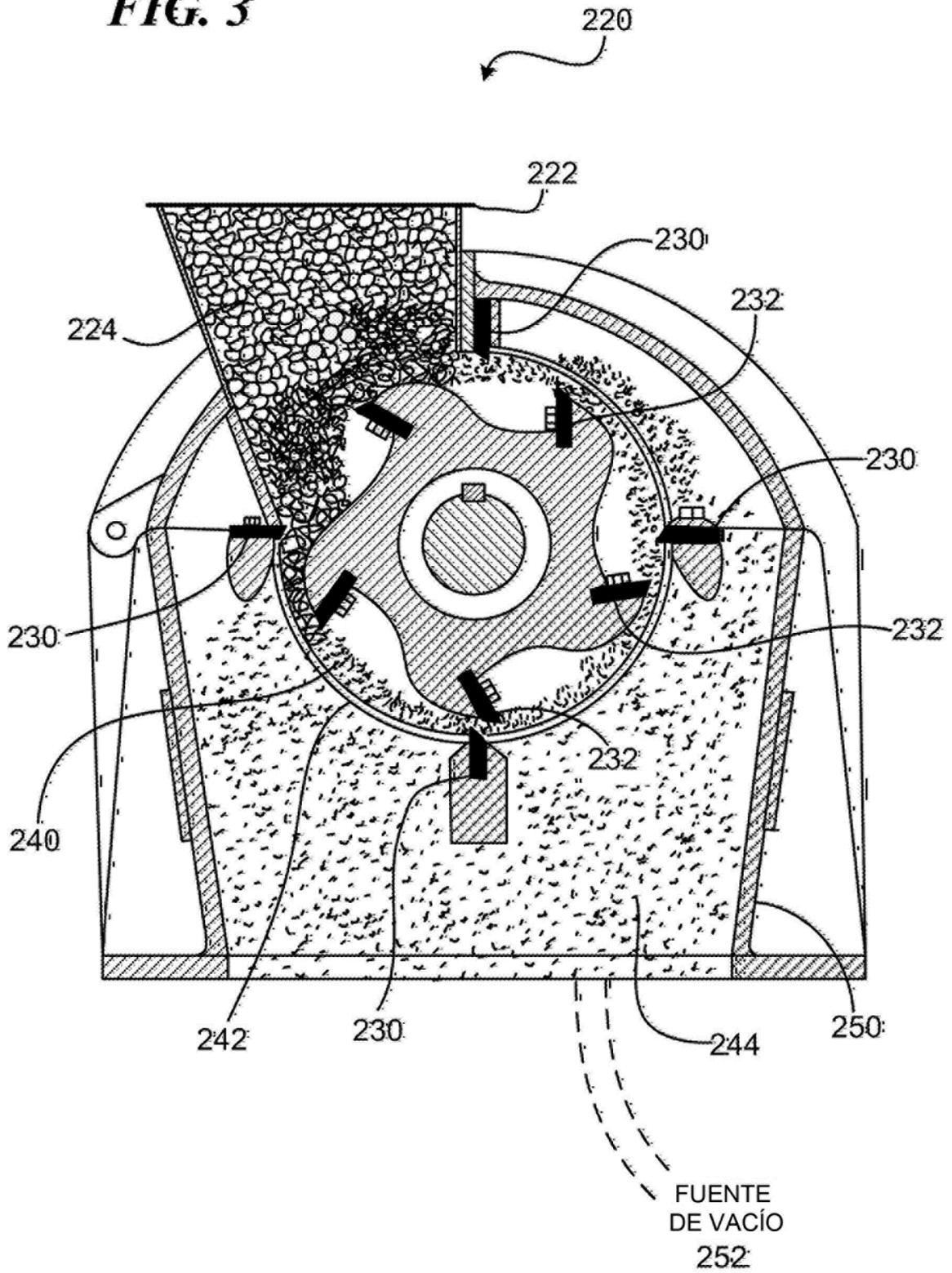


FIG. 4

