

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 480 943**

51 Int. Cl.:

C10B 53/02 (2006.01)

C10C 5/00 (2006.01)

C10K 1/04 (2006.01)

C10K 1/16 (2006.01)

C10G 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.08.2007 E 07789118 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.05.2014 EP 2074192**

54 Título: **Proceso de pirólisis de biomasa**

30 Prioridad:

16.08.2006 GB 0616298

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

29.07.2014

73 Titular/es:

**ASTON UNIVERSITY (100.0%)
ASTON TRIANGLE
BIRMINGHAM B4 7ET, GB**

72 Inventor/es:

**BRIDGWATER, ANTHONY;
GERHAUSER, HEIKO y
EFFENDI, ASTRID**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 480 943 T3

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

DESCRIPCIÓN

Proceso de pirólisis de biomasa

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a pirólisis de biomasa.

10 **Técnica relacionada**

Es sabido que se pueden producir resinas a partir de biomasa (en particular madera, corteza, etc.) usando métodos de pirólisis rápida. Dichos métodos se describen con detalle, por ejemplo, en el documento US-A-6.844.420. Este documento se refiere a la producción de resinas naturales por la sustitución de resinas de fenol formaldehído y resinas de fenol urea formaldehído. Dichas resinas tienen aplicabilidad particular como aglutinantes para pegamentos en la producción de productos madereros fabricados por el hombre, tales como contrachapado y tableros de fibra.

En el documento US-A-6.844.420 se observa que las ligninas naturales, que se pueden producir mediante pirólisis a partir de biomasa, son estructuralmente similares a las resinas sintéticas de fenol formaldehído. La lignina es un polímero reticular aleatorio con diferentes enlaces, basados en las unidades de fenilpropano. En el documento US-A-6.844.420, la biomasa (por lo general materia prima de arce rojo particulado) se suministra a un reactor tubular de lecho arrastrado para la pirólisis rápida. La carbonilla se retira del vapor producto resultante, vapor producto que a continuación se condensa en un producto líquido (por lo general denominado "bioaceite") en una o más unidades de recuperación, por ejemplo, unidades condensadoras. A continuación, el producto líquido se trata adicionalmente usando destilación/evaporación. El propósito de esta etapa adicional consiste principalmente en retirar el agua del producto líquido con el fin de proporcionar un grado de reticulación o polimerización controlado en el producto líquido. La etapa de destilación/evaporación también reduce la cantidad de componentes distintos de la resina que incluyen componentes olorosos y ácidos.

La mejora de la calidad del líquido de pirólisis mediante la adición de alcohol es desvelada por Oasmaa, A. y col, en Energy and Fuels 2005, 19, 2556-2561. La viscosidad, el poder calorífico y el punto de inflamación del bioaceite se mejoran mediante la concentración de un líquido de pirólisis y la adición posterior de un alcohol, con o sin agua, al concentrado. La etapa de concentración, que retira una gran proporción de agua del líquido de pirólisis, también retira parte de los ácidos en la mezcla producto y elimina los olores de pirólisis desagradables.

Boucher, M.E. y col., en Biomass and Bioenergy 2000, 19, 351-361 desvela la reducción de la separación de fases del bioaceite mediante la adición de alcohol.

40 **Resumen de la invención**

Los presentes inventores se han dado cuenta de que un problema específico con la pirólisis de biomasa (en particular, pero no exclusivamente, con las biomásas que contienen ligninas) es que el vapor condensado (bioaceite) procedente del reactor de pirólisis tiende a sufrir separación de fases. El bioaceite es una mezcla compleja principalmente de agua, compuestos orgánicos oxigenados hidrófilos y fragmentos de lignina de mayor peso molecular. Los inventores consideran que un contenido de agua por encima de cierto nivel, por ejemplo, del 30-40 % en peso puede dar lugar a la separación de fases en dos fases, una fase acuosa dominada por el agua y compuestos orgánicos hidrófilos pequeños y una fase orgánica que contiene la mayoría de fragmentos derivados de la lignina fenólica. Esta separación de fases no es deseable puesto que la fase orgánica es más difícil de manipular que un bioaceite en una sola fase. Además, puesto que en la fase orgánica hay una mayor concentración de fragmentos de lignina de los que habría en un bioaceite de una sola fase, las reacciones de condensación entre los fragmentos de lignina se producen a una velocidad mayor, dando lugar a una pérdida de reactividad de la fase orgánica, y una reducción en su utilidad como grupo de sustitución fenólico en formulaciones de resina de fenol formaldehído. Aún más, los aldehídos en el bioaceite de una sola fase se pierden de la fase orgánica en su mayor parte si se deja que se produzca la separación de fases, y así no pueden contribuir a la sustitución del formaldehído en las formulaciones de resina de fenol formaldehído.

La presente invención aborda al menos uno de estos problemas, preferentemente la reducción, mejora o elusión de al menos uno de estos problemas.

60 La presente invención proporciona un proceso para la pirólisis de biomasa, como se define en las reivindicaciones.

Preferentemente, el producto condensado está sustancialmente en una sola fase. La frase "una sola fase" en este ámbito técnico en referencia al producto condensado significa que el producto no es bifásico ni multifásico. Como tales, las emulsiones, en particular microemulsiones, suspensiones y soles están englobados dentro del significado de la frase "una sola fase". Así, el producto condensado no tiene dos o más fases distintas y separadas, aunque, a nivel submicroscópico, puede haber presente más de una fase.

5 El agente de supresión de la separación de fases suprime la separación de fases en el producto condensado. El agente se puede añadir para reducir la tasa de separación de fases en el producto condensado de una sola fase condensada. El agente se puede añadir para producir un producto condensado que no se separe durante, preferentemente, al menos una semana, dos semanas, un mes, o un año. De manera alternativa, el agente se puede añadir para producir un producto condensado que permanezca sin separarse de forma indefinida.

10 El reactor de pirólisis puede comprender un lecho fluido ablativo, un lecho transportado, un cono giratorio, un lecho fluido en circulación o un reactor ciclónico. Preferentemente, la biomasa se suministra a un reactor de lecho fluidizado.

15 Por lo general, en la pirólisis de biomasa, se produce carbonilla. El proceso preferentemente incluye la retirada de al menos parte de la carbonilla del producto de vapor usando un aparato para la retirada de la carbonilla. El aparato típico adecuado usa técnicas de mecánica de fluidos tales como procesamiento ciclónico, o técnicas electrostáticas tales como precipitación electrostática, o técnicas de filtración tales como filtros de vela o filtros de mangas, o separadores de partículas, por separado o en cualquier combinación, con el fin de separar las partículas de carbonilla del producto de vapor. Se prefiere que la etapa de eliminación de carbonilla se lleve a cabo antes de la etapa de condensación.

20 El agente de supresión de separación de fases se añade antes o durante la condensación del producto de vapor. Se prefiere en particular que el propio agente de supresión de separación de fases proporcione o ayude en la condensación del producto de vapor. Por ejemplo, la condensación puede estar provocada por contacto directo entre el producto de vapor y un refrigerante. Preferentemente, el refrigerante incluye el agente de supresión de separación de fases. Antes de que tenga lugar la condensación del producto de vapor, el refrigerante está a una temperatura inferior a la del producto de vapor, para así promover la condensación del producto de vapor.

25 De forma adicional, el agente de supresión de la separación de fases se puede añadir al producto condensado después de la condensación (o al menos después de que se haya iniciado la condensación). No obstante, la adición del agente de supresión de separación de fases exclusivamente de esta forma no es de acuerdo con la invención, puesto que normalmente es necesaria una mayor adición de un agente de promoción de una sola fase para conseguir unos resultados similares a los conseguidos mediante la adición de dicho agente durante la condensación.

30 El refrigerante comprende hidrocarburos.

35 El refrigerante por lo general es un líquido, teniendo preferentemente un componente principal que es inmiscible con el bioaceite, tal como un hidrocarburo. Preferentemente el refrigerante comprende un octano o una isoparafina, por ejemplo, un disolvente ISOPAR (RTM) tal como ISOPAR V (Exxon Mobil Corporation). Naturalmente, si este componente principal es inmiscible con el producto condensado, entonces no impide necesariamente que el producto condensado esté en una sola fase – simplemente es un producto condensado en una sola fase con otra fase (el componente principal del refrigerante).

40 El refrigerante se puede recuperar de la mezcla de pirólisis. Cuando se recoge la mezcla producto, el refrigerante se puede separar del bioaceite usando técnicas de procesamiento convencionales, y se puede reciclar.

45 El refrigerante se selecciona para que tenga una influencia sobre la composición de bioaceite final. Los inventores han comprobado que el refrigerante se puede usar para extraer componentes del bioaceite que contribuyen a la separación de fases. Por tanto el refrigerante es un disolvente para estos componentes del bioaceite. Por ejemplo, para extraer del bioaceite compuestos hidrófobos o menos oxigenados, tales como hidrocarburos de cera C₁₀₋₃₀, se puede usar un refrigerante compuesto predominantemente de hidrocarburos. El refrigerante se puede usar para extraer uno o más de los siguientes: ácidos grasos (preferentemente ácidos grasos C₁₂₋₃₂), ácidos hidroxi grasos (preferentemente ácidos ω -hidroxi grasos, preferentemente ácidos ω -hidroxi grasos C₁₂₋₃₀), ácidos dicarboxílicos (preferentemente ácidos dicarboxílicos C₁₆₋₂₈), alcoholes grasos (preferentemente alcoholes grasos C₁₆₋₃₀), ácidos de resina (preferentemente ácido abiético), esteroides (preferentemente β -sitosterol) y triterpenoides (preferentemente betulinol).

50 El refrigerante se puede reciclar después de la extracción y condensación del bioaceite. Se prefiere que el refrigerante reciclado no esté saturado en componentes extraídos del bioaceite. En una realización, la cantidad de refrigerante es suficiente para garantizar que el refrigerante no se sature durante el proceso de pirólisis. En una realización alternativa, los componentes extraídos del refrigerante se pueden retirar durante el proceso de reciclaje, de forma continua o según sea necesario.

55 Los compuestos extraídos del bioaceite mediante el refrigerante pueden tener valor comercial. Estos compuestos se pueden recuperar del refrigerante mediante técnicas de separación convencionales. Preferentemente, los compuestos se separan mediante destilación.

60 El refrigerante se puede usar para retirar selectivamente los componentes del bioaceite. El refrigerante también se puede usar para extraer componentes del bioaceite mientras se retienen selectivamente otros componentes en el

bioaceite. Las características disolventes del refrigerante se pueden "ajustar" mediante la mezcla adecuada de compuestos disolventes seleccionados. La identidad y cantidades relativas de los compuestos necesarios serán evidentes para los expertos en la materia de extracción de solutos.

- 5 El agente de supresión de separación de fases se puede añadir al refrigerante antes de su uso. De forma alternativa, el agente de supresión de separación de fases se puede añadir independientemente respecto al refrigerante.

10 Preferentemente, el agente de supresión de separación de fases comprende un emulsionante para el producto condensado. El emulsionante promueve la formación de un producto condensado de una sola fase. Como se ha definido anteriormente, el producto condensado de una sola fase puede comprender varias fases a nivel submicroscópico. Así, el producto condensado de una sola fase puede comprender una dispersión de un medio en otro medio, por ejemplo, una dispersión de agua en una fase orgánica. El emulsionante es capaz de promover la formación de una emulsión, y de manera adicional o alternativa, es capaz de estabilizar un producto condensado inestable en una sola fase. El emulsionante puede comprender un tensioactivo o un sol lipófilo.

15 De acuerdo con la invención, el agente de supresión de separación de fases es o incluye un alcohol, preferentemente un alcohol alquílico, preferentemente metanol, etanol o 2-propanol, lo más preferentemente etanol. Generalmente al menos parte del alcohol añadido en el proceso expuesto anteriormente reacciona con los constituyentes reactivos del producto antes de que esos propios constituyentes sean consumidos por reacciones de condensación (que producen agua como subproducto) que de lo contrario podrían dar lugar a compuestos de alto peso molecular. Se cree que el alcohol reacciona con los componentes en el bioaceite para formar ésteres, acetales y hemiacetales. En particular, se cree que el alcohol reacciona con ácidos carboxílicos para dar ésteres. Este proceso reduce la cantidad de compuestos olorosos en el bioaceite y también reduce la acidez del bioaceite. Sin querer estar limitados por la teoría, se cree que la reacción del alcohol con los constituyentes reactivos del producto da lugar a productos que son capaces de actuar como agentes de supresión de la separación de fases.

20 Sin querer estar limitados por la teoría, se cree que los fragmentos derivados de lignina del bioaceite se mantienen en forma de micro-suspensión o emulsión y se piensa que el agente de supresión de la separación de fases promueve el proceso de emulsificación así como la supresión de la separación de fases.

30 La formación de un bioaceite de una sola fase mediante la adición de un agente de supresión de separación de fases tiene el efecto de reducir la concentración de compuestos reactivos en comparación con la concentración de estos compuestos dentro de la fase orgánica de un producto de bioaceite bifásico o multifásico. Los inventores consideran que, en consecuencia, se reduce la velocidad de reacción de estos compuestos. Se cree que los compuestos reactivos en el bioaceite participan en reacciones de condensación que producen agua. Demasiada agua puede dar lugar a la separación de fases del bioaceite. Se cree que la reducción de la velocidad de reacción disminuye la cantidad de agua producida con el tiempo, reduciendo así la probabilidad de separación de fases durante las etapas de procesamiento y almacenamiento posteriores.

40 De forma adicional o alternativa, al menos parte del agente de supresión de separación de fases no reacciona con los constituyentes del producto. En este caso, el agente de supresión de separación de fases puede ayudar a prevenir la separación de fases mediante procesos químicos. Los inventores han comprobado que un exceso de agente de supresión de separación de fases reduce la viscosidad del bioaceite. Los bioaceites con viscosidad reducida pueden ser más manejables en fases de procesamiento posteriores. Los inventores también han comprobado que la adición de un agente de supresión de separación de fases da lugar a un producto que es menos probable que afecte de forma negativa al sistema de pirólisis.

50 La cantidad de agente de supresión de separación de fases definida en términos de proporción el producto condensado preferentemente es de al menos el 0,01 % en peso, 1 % en peso, 2 % en peso o 4 % en peso. La cantidad de agente de supresión de separación de fases definida en términos de proporción en el producto condensado preferentemente es como máximo del 40 % en peso, 30 % en peso, 25 % en peso, 20 % en peso, 15 % en peso, o 10 % en peso.

55 Las cantidades máximas y mínimas anteriores se pueden combinar en cualquier combinación.

60 La materia prima de biomasa usada en el proceso puede ser madera dura o blanda, corteza de madera, hierba o residuos agrícolas. Preferentemente, la materia prima de biomasa usada en el proceso tiene un alto contenido de lignina. Por ejemplo, la corteza de madera tiene un alto contenido de lignina. El contenido de lignina en la materia prima de biomasa preferentemente es de al menos el 5 % en peso, 10 % en peso, 15 % en peso, o 20 % en peso. El contenido de lignina en la materia prima de biomasa preferentemente es como máximo del 45 % en peso, 40 % en peso, o 35 % en peso.

Las cantidades máximas y mínimas anteriores se pueden combinar en cualquier combinación.

65 Se ha comprobado que el rendimiento orgánico del proceso de pirólisis no se reduce con el uso de un agente de supresión de separación de fases. Los inventores han comprobado que la recuperación de un producto de pirólisis

de una sola fase es más sencilla en comparación con un producto de pirólisis bifásico o trifásico. Cuando se usa el refrigerante para extraer componentes del bioaceite que contribuyen a la separación de fases, el rendimiento orgánico combinado (el rendimiento del material orgánico en el bioaceite y recuperado del refrigerante) no se reduce por el uso de un agente de supresión de separación de fases.

Los inventores han comprobado que el rendimiento orgánico para el producto de pirólisis condensado por lo general es de al menos el 25 % en peso cuando en el proceso de condensación se usa el agente de supresión de separación de fases. Para corteza de madera, el rendimiento orgánico puede ser de al menos el 40 % en peso y para madera el rendimiento orgánico puede ser de al menos el 60 % en peso. El rendimiento orgánico representa todos los compuestos orgánicos en fase líquida excluyendo el agua e incluyendo el material derivado de lignina así como los compuestos orgánicos solubles en agua.

Mediante el proceso de la presente invención se puede obtener un producto de condensación por pirólisis de biomasa en una sola fase.

El producto de condensación por pirólisis de biomasa en una sola fase por lo general comprende agua, agente de supresión de separación de fases, y componentes orgánicos. Preferentemente, los componentes del producto pueden estar presentes en las siguientes cantidades: 10-50 % en peso de agua, 1-40 % en peso de agente de supresión de separación de fases, y 50-85 % en peso de compuestos orgánicos.

Opcionalmente, el producto de condensación se obtiene o se puede obtener mediante el proceso de acuerdo con el proceso reivindicado.

Se pueden aplicar características preferidas y/u opcionales de cualquier aspecto a cualquier otro aspecto en cualquier combinación o subcombinación, a menos que el contexto demande de lo contrario.

Breve descripción de los dibujos

Ahora se describirán, a modo de ejemplo, realizaciones de la invención, con referencia a los dibujos, en los que:

La Figura 1 es una representación esquemática de un sistema de pirólisis para su uso en la realización del proceso de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada de realizaciones preferidas

La Figura 1 muestra una representación esquemática de un sistema de pirólisis 17 para su uso en la realización del proceso de acuerdo con la presente invención. El sistema de pirólisis incluye un contenedor de alimentación sellable 1 que suministra biomasa a través de un alimentador de tornillo 2 al reactor 3. Preferentemente, el alimentador de tornillo 2 es capaz de proporcionar una alimentación continua al reactor 3. El nitrógeno gaseoso se suministra al reactor a través de un calentador 4. Se suministra calor al reactor 3, por ejemplo un reactor de lecho fluido, mediante el calentador 4. También se suministra nitrógeno gaseoso al alimentador de tornillo 2. La velocidad de suministro del nitrógeno se puede ajustar mediante las válvulas de control del flujo 19 y 20.

Las condiciones adecuadas para pirolizar la materia prima de biomasa dependen del tipo de reactor y la naturaleza de la materia prima, entre otros. Dichas condiciones son muy conocidas por los expertos en materia de pirólisis.

Durante su uso, el reactor 3 se purga con nitrógeno para proporcionar una atmósfera no reactiva e impedir la oxidación no deseada de la materia prima de biomasa. El recipiente de reacción se lleva hasta la temperatura de reacción necesaria mediante el calentador 4 (por ejemplo, 500 °C). A continuación la biomasa se introduce en el recipiente de reacción usando el alimentador de tornillo 2 con alimentación por gravedad hacia el reactor. Los gases de pirólisis y el vapor salen hacia el sistema de recolección del producto 18.

Se genera una ligera presión positiva mediante la formación de gases de pirólisis y vapor en el reactor 3 y esto fuerza a los productos de pirólisis a salir del recipiente de reacción y hacia el sistema de recolección 18. El experto la materia reconocerá que en algunos reactores, por ejemplo reactores de lecho fluidizado, los productos de pirólisis también son retirados por el gas de fluidización. En el sistema de recolección 18, la carbonilla se separa de los gases y los vapores mediante el vórtice generado en una serie de colectores ciclónicos de carbonilla 5 y 6. Cada colector ciclónico de carbonilla está provisto de un recolector de carbonilla 10 y 11 para recoger la carbonilla retirada del vapor y los gases de pirólisis. De forma alternativa, la carbonilla se puede retirar usando un filtro de vapores calientes.

Después de la etapa de retirada de la carbonilla, el vapor se lleva hacia una columna de condensación 9 en donde el producto pirolítico gaseoso se condensa. En la columna de condensación 9, el vapor de pirólisis se puede condensar usando un refrigerante como parte de una etapa de "inactivación". Por lo general, el refrigerante es un líquido. La columna también se puede refrigerar mediante un sistema de circulación de agua 7 y 8. Los materiales condensados se recogen en un tanque 13 bajo la columna 9.

El agente de supresión de separación de fases se puede añadir a la columna de condensación 9 junto con el refrigerante o separado del refrigerante. El bioaceite se puede recoger del tanque 13 para su análisis, ensayo y almacenamiento.

5 El refrigerante usado comprende hidrocarburos, refrigerante que es un disolvente para al menos un componente del producto, refrigerante que se puede separar con el al menos un componente del producto condensado. Los refrigerantes adecuados comprenden octano e isoparafina.

El refrigerante está a una temperatura inferior a la del vapor de pirólisis.

10 Los gases sin condensar se pasan hacia una cámara del precipitador electrostático 12. El material precipitado en este dispositivo se recoge en el tanque 13. Los gases que permanecen después de la etapa de precipitación electrostática (por ejemplo, CO, CO₂, CH₄, H₂ e hidrocarburos superiores) se pasan a través de un condensador de hielo seco 16, y a continuación a través de un filtro de algodón 15. A continuación el gas se puede analizar. Los gases se ventilan, por lo general a través de un caudalímetro de gases.

El tanque de bioaceite 13 está provisto de una bomba 14 de forma que el refrigerante recogido se puede devolver a la columna de condensación 9.

20 Ejemplos

Se introduce corteza con un contenido de cenizas del 13 % en peso (en base seca) en un reactor de lecho fluidizado de pirólisis rápida, con una capacidad nominal de 1 kg/h. La materia prima se piroliza en el reactor a 500 °C y se obtiene un aceite con fases separadas después de la eliminación del líquido de enfriamiento a partir del producto de pirólisis. El peso molecular medio de la fase dominada por compuestos orgánicos fue de 696 g/mol. El contenido de agua de esta fase fue del 3 % en peso, con un pH de 3,5. El rendimiento orgánico fue del 42 %.

Usando la misma corteza y un sistema de lecho fluidizado de pirólisis rápida con una capacidad nominal de 150 g/h y un condensador simple, la materia prima se piroliza a 570 °C y se obtiene un aceite con fases separadas después de la condensación. El peso molecular medio de la fase dominada por compuestos orgánicos fue de 467 g/mol. El contenido de agua de la fase fue del 10 % en peso, con un pH de 3,8. El rendimiento orgánico fue del 40 %. Después de almacenar durante un año, se añadió etanol al aceite de fases separadas. Se obtuvo un aceite de una sola fase cuando el contenido de etanol alcanzó el 20 % en peso aproximadamente. En esta fase, pequeños glóbulos alquitranados permanecían en el aceite producto y estos glóbulos no se descompusieron o se disolvieron en gotas microscópicas tras la adición posterior de etanol.

En tres experimentos separados, se pirolizó corteza con un contenido de cenizas de 13 % en peso (en base seca) a 500 °C en un sistema de lecho fluidizado de pirólisis rápida con una capacidad nominal de 5 kg/h. El vapor de pirólisis se inactivó con Isopar V (RTM) mezclado con etanol. La cantidad de etanol mezclado con el líquido de inactivación difería entre los experimentos. La cantidad de etanol fue del 4 % en peso, 10 % en peso y 25 % en peso en proporción con el producto condensado para los respectivos experimentos. El producto condensado obtenido fue en cada caso un aceite de una sola fase.

El peso molecular medio del aceite de una sola fase con etanol al 4 % en peso fue de 561 g/mol. El contenido de agua de la fase fue del 27 % en peso, con un pH de 3,4. El rendimiento orgánico fue del 41 %.

El peso molecular medio del aceite de una sola fase con etanol al 10 % en peso fue de 493 g/mol. El contenido de agua de la fase fue del 21 % en peso, con un pH de 3,9. El rendimiento orgánico fue del 45 %. Se añadió agua al aceite de una sola fase, dando un producto de aceite separado sólo cuando el contenido de agua alcanzó el 40 % en peso aproximadamente.

El peso molecular medio del aceite de una sola fase con etanol al 25 % en peso fue de 507 g/mol. El contenido de agua de la fase fue del 22 % en peso, con un pH de 4,1. El rendimiento orgánico fue del 44 %.

55 Para los tres experimentos, la relación de gas inerte de fluidización a materia prima de biomasa fue de 5:1 aproximadamente. Aproximadamente el 85-90 % en peso del líquido producido se recogió de la columna de inactivación y de un precipitador electrostático. El resto del líquido producido se recogió en un intercambiador de calor eficiente que trabaja a 0 °C. El contenido de agua de la fracción recogida del intercambiador de calor fue del 60 % en peso al 70 % en peso aproximadamente.

60 Para pirolizar 1800 kg de biomasa parcialmente seca a 500 °C se usó un sistema de pirólisis rápida de cono rotatorio. El vapor de pirólisis se inactivó con bioaceite (200 kg) mezclado con etanol (100 kg). El producto de pirólisis inicialmente consistía en un bioaceite de una sola fase a pesar de la materia prima "húmeda". El rendimiento del bioaceite fue de 1000 kg. El contenido de etanol en el producto de bioaceite fue del 5 % en peso aproximadamente. El bioaceite se almacenó en exterior durante varias semanas a temperaturas de hasta -10 °C, tras las cuales el bioaceite de una sola fase se separó. La fase resultante dominada por compuestos orgánicos tenía

un contenido de agua del 20 % en peso. La fase acuosa resultante tenía un contenido de agua del 72 % en peso. La adición posterior de etanol a la fase de aceite separado dio un producto de una sola fase una vez que el contenido de etanol alcanzó el 20 % en peso aproximadamente. Pequeños glóbulos alquitranados permanecieron en el aceite producto y estos glóbulos no se descompusieron o se disolvieron en gotas microscópicas tras la adición de etanol.

5

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para la pirólisis de biomasa, comprendiendo el proceso:
- 5 el suministro de biomasa a un reactor de pirólisis para producir un producto de vapor; y la condensación de dicho producto de vapor para producir un producto condensado usando un refrigerante que comprende hidrocarburos, siendo el refrigerante un disolvente para al menos un componente del producto, pudiéndose separar el refrigerante con el al menos un componente del producto condensado,
- 10 en el que se añade un agente de supresión de la separación de fases antes o durante la condensación para así promover la formación de un producto condensado de una sola fase, comprendiendo el agente de separación de fases alcohol.
2. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el refrigerante tiene un componente principal que es inmiscible con el producto condensado.
- 15 3. Un proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el agente de supresión de separación de fases comprende un alcohol seleccionado del grupo constituido por metanol, etanol y 2-propanol.
- 20 4. Un proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la cantidad de agente de supresión de separación de fases está en el intervalo del 0,01 % en peso al 40 % en peso, en proporción con el producto condensado.
- 25 5. Un proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el contenido de lignina en la materia prima de biomasa está en el intervalo del 5 % en peso al 45 % en peso.
6. Un proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la materia prima de biomasa es corteza de madera.
- 30 7. Un proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el hidrocarburo del refrigerante es una isoparafina.
8. Un proceso de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 6, en el que el hidrocarburo del refrigerante es un disolvente para los componentes hidrófobos del producto.
- 35 9. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el hidrocarburo del refrigerante es un disolvente para hidrocarburos de cera C₁₀₋₃₀ del producto.

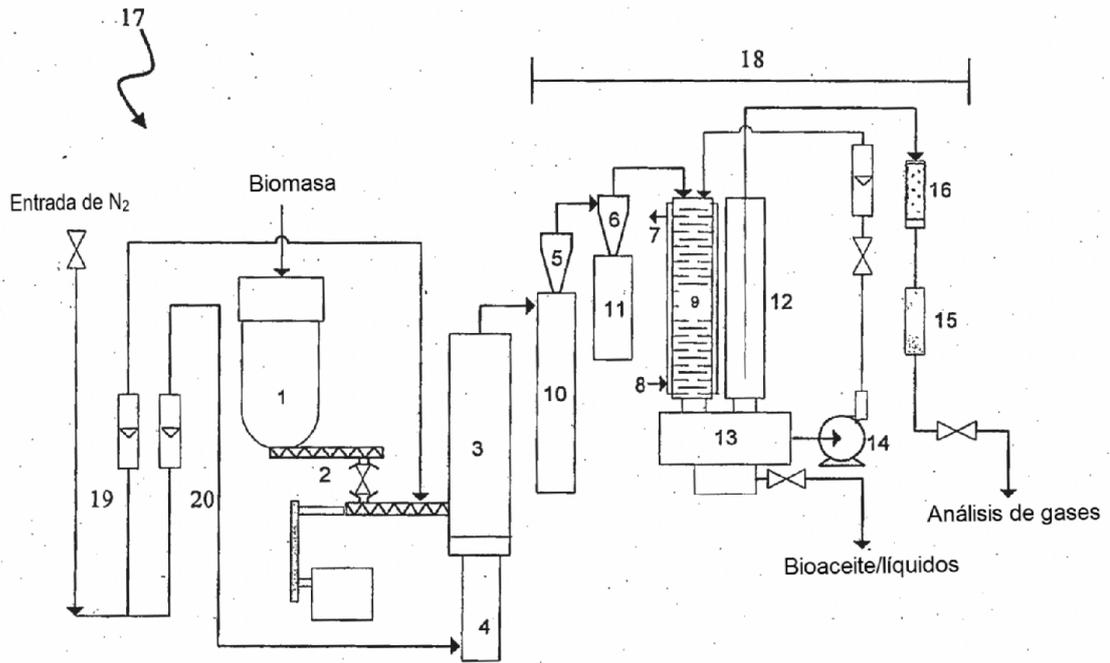


Fig. 1