

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 376 304**

51 Int. Cl.:
C10G 1/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **01975012 .4**
96 Fecha de presentación: **03.09.2001**
97 Número de publicación de la solicitud: **1315784**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.06.2003**

54 Título: **PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACIÓN DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS A PARTIR DE BIOMASA.**

30 Prioridad:
04.09.2000 EP 00203061

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
12.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
12.03.2012

73 Titular/es:
**BIOFUEL B.V.
RENDORPPARK 30
1963 AM HEEMSKERK, NL y
Nederlandse Organisatie voor toegepast-
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO**

72 Inventor/es:
**VAN DE BELD, Lambertus;
BOEREFIJN, Ferry, Ronald;
BOS, Gijsbert, Maurits;
GOUDRIAAN, Frans;
NABER, Jaap, Erik y
ZEEVALKINK, Jan, Anton**

74 Agente/Representante:
Durán Moya, Carlos

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).

ES 2 376 304 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la preparación de combustibles líquidos a partir de biomasa

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para preparar de forma continua a partir de biomasa un producto que contiene hidrocarburos que tiene una densidad de energía mejorada.

10 Existe un interés muy difundido por la producción de energía a partir de recursos diferentes a los combustibles fósiles. Estimulados tanto por los argumentos ambientales para reducir la contaminación mediante la utilización convencional de combustibles fósiles, así como por razones de economía para encontrar medios para proporcionar energía cuando las fuentes de petróleo o gas se agoten o sean económicamente poco atractivas, se han dirigido importantes esfuerzos hacia procedimientos para proporcionar energía a partir de las llamadas fuentes de bajo consumo o combustibles de bajo poder calorífico tales como desechos y/o residuos industriales, municipales y agrícolas. Cuando la energía se puede producir a partir de fuentes de bajo consumo, estos procedimientos no sólo son interesantes por razones ambientales, también son interesantes porque proporcionan medios más baratos de producción de energía en zonas que carecen de fuentes de combustibles fósiles convencionales o de medios de transporte confiables para distancias muy grandes. Dichas áreas pueden ser áreas más remotas o menos desarrolladas y el transporte de los combustibles fósiles convencionales resultaría costoso e ineficiente.

20 Las solicitudes de patentes internacionales WO 95/14850 y WO 96/41070 describen procedimientos en los que la energía se recupera a partir de desechos carbonáceos mediante trituración de los desechos en pequeñas partículas, formando una suspensión de partículas en agua con un contenido de sólidos aproximadamente del 5% en peso y presurizando la suspensión para convertir la mayoría del oxígeno enlazado químicamente a CO₂, lo que resulta en que la mayor parte del carbono reaccione. La separación de las partículas carbonizadas y la resuspensión de las partículas dio como resultado una suspensión con una concentración aproximadamente del 55% en peso de partículas carbonizadas. La reacción de la suspensión que contiene las partículas carbonizadas con aire da como resultado la conversión de las partículas en energía térmica, aplicable para varios propósitos.

30 La solicitud de patente EP-A 0204354 se refiere a un procedimiento para la preparación de líquidos que contienen hidrocarburos a partir de biomasa. En esta publicación, la biomasa está preferentemente en forma de partículas con un tamaño que permite que las partículas pasen a través de un tamiz de 5 mm. La biomasa en partículas se resuspende en agua en una proporción de agua con respecto a biomasa de 1:1 a 20:1. La suspensión se introduce en una cámara de reacción y se calienta a una temperatura de 300-370°C durante un período de más de 30 segundos a una presión que aumenta en un intervalo desde 90 x 10⁵ hasta 300 x 10⁵ Pa. Después de las etapas de separación y aislamiento se obtiene un producto líquido que contiene hidrocarburos ("crudo") con un contenido de oxígeno residual inferior al 20% en peso.

40 En vista del interés permanente en desarrollar más procedimientos para la generación de energía más respetuosos del medio ambiente y por un uso más evidente de los recursos naturales, existe la necesidad de mejorar los procedimientos de generación de energía conocidos en la actualidad.

45 Uno de los inconvenientes del procedimiento conocido tal como se da a conocer describe en el documento EP-A 0 204 354 es que se ha demostrado que la confiabilidad de estos procedimientos es variable. Si estos procedimientos de generación de energía a partir de combustibles de bajo poder calorífico se implementan a gran escala o en zonas menos desarrolladas, la confiabilidad de estos procedimientos se convierte en una cuestión clave para su factibilidad económica.

50 Por lo tanto, se encontró que era necesario proporcionar condiciones de funcionamiento más confiables y permitir un funcionamiento más económico del procedimiento del tipo tal como se describe el documento EP-A 0 204 354. Además, existe la necesidad de una proporción de agua con respecto a biomasa relativamente baja a efectos de proporcionar una economía térmica del procedimiento eficiente y mejorada.

55 Por consiguiente, uno de los objetivos de la presente invención es dar a conocer mejoras en la tecnología descrita y superar de otra manera los inconvenientes presentes en la técnica.

60 Es también un objetivo de la presente invención dar a conocer un producto a partir de biomasa con una densidad de energía mejorada, que se puede utilizar, preferentemente de forma directa, en la generación de energía o puede ser procesado adicionalmente para obtener productos que contienen hidrocarburos, preferentemente en forma líquida. Es también un objetivo de la presente invención dar a conocer un procedimiento, preferentemente un procedimiento continuo, para la generación de productos que contienen hidrocarburos, preferentemente líquidos, con una densidad o contenido de energía mejorados. Otro objetivo de la presente invención es dar a conocer un procedimiento en el que la alimentación puede ser procesada con una proporción de agua con respecto a biomasa inferior. Además, es un objetivo de la presente invención aumentar la eficiencia térmica general de la conversión de biomasa en productos con una densidad de energía aumentada, tales como productos de hidrocarburos y permitir más variación en la alimentación de biomasa.

Ahora se ha encontrado que mediante una secuencia específica de etapas y condiciones específicas del procedimiento, la biomasa puede ser convertida en una pasta que tiene una densidad de energía mayor. Esta pasta se utiliza, por ejemplo, como un producto intermedio en la generación de energía o se convierte en un producto de hidrocarburo líquido. También se ha encontrado que mediante una secuencia específica de etapas y/o condiciones del procedimiento la preparación continua de productos de hidrocarburo líquidos a partir de biomasa con un rendimiento y/o un aumento de la eficiencia (térmica) total del procedimiento se lleva a cabo de una manera mejorada. Cabe señalar que los procedimientos según la presente invención permiten la optimización posterior sin apartarse del concepto inventivo de la presente invención.

Por consiguiente, la presente invención se refiere a un procedimiento tal como se define en las reivindicaciones 1-13.

El procedimiento según la presente invención da a conocer la formación de una pasta a partir de biomasa. Durante la etapa de presurización y/o la etapa en la que la alimentación se calienta para formar una pasta se encontró, sin estar limitados a esto, que la estructura de la biomasa se debilita. Las moléculas más grandes presentes en la alimentación se reducen en tamaño y/o se reduce la cantidad de reticulación. De forma más precisa, se cree que las estructuras macromoleculares y/o poliméricas presentes en la alimentación tales como polímeros celulósicos, polímeros fibrosos y similares se degradan de forma significativa o, como mínimo, se reducen en tamaño. La estructura fibrosa se suaviza y la mezcla resultante es sustancialmente líquida y de fácil transportación. Los componentes más solubles se disolverán y se podrán utilizar ventajosamente en otras partes del procedimiento.

El primer tratamiento que comprende someter la alimentación a un aumento de presión, no necesita, antes del primer tratamiento, la preparación por separado de una suspensión de la biomasa.

En el contexto de esta solicitud, el término suspensión se define como un material fluido que comprende una fase líquida continua en la que está dispersa una fase sólida en partículas. Las partículas sólidas en una suspensión tienden a sedimentar a menos que se tomen medidas especiales para estabilizar la suspensión.

Mediante el procedimiento de la presente invención, la alimentación se lleva directamente a la presión del procedimiento o posteriormente o de forma simultánea se calienta. Esta etapa evita la utilización de procedimientos de suspensión previamente conocidos en la técnica, cuyos procedimientos tienen que ser ajustados al tipo de biomasa. Esto permite la utilización de una variedad más amplia de fuentes de biomasa.

La biomasa se lleva hasta la proporción de agua con respecto a biomasa deseada mediante la adición de agua y se alimenta directamente en el procedimiento. Esto permite una operación más confiable.

La proporción en peso de agua con respecto a biomasa varía desde 50 a 0,5, preferentemente inferior a 20. Un intervalo preferente es de 15 a 2, más preferentemente de 10 a 2,5. Fuentes adecuadas de biomasa provienen de mezclas biomasa/agua de fermentación aeróbica o anaeróbica de residuos industriales o municipales con proporciones de agua con respecto a biomasa de 4 a 5, que se utilizan como tales. También se pueden utilizar productos de desechos agrícolas tales como pulpa de remolacha azucarera, pasto y residuos orgánicos municipales y domésticos etc., que tienen una proporción de agua con respecto a biomasa de 1 a 4, incluso sin adición extra de agua. Se utiliza madera cortada, por ejemplo, en una proporción de agua con respecto a biomasa de 3. En esta proporción, por lo general, hay sólo agua suficiente para llenar el espacio intersticial entre las astillas de la madera. De hecho, se puede utilizar cualquier tipo de biomasa, siempre que en el caso de material en partículas, las partículas tengan dimensiones de manera que la alimentación se pueda bombear. Las dimensiones adecuadas de las partículas están en el intervalo de 5 a 15 mm, preferentemente el tamaño (número) promedio es de 7 a 15 mm, más preferentemente de 10-15 mm. El límite inferior del tamaño de partícula está determinado principalmente por los costes adicionales de reducción del tamaño y el límite superior por las dimensiones de los medios de transporte posteriores tales como las tuberías.

Preferentemente, el agua para aumentar la proporción inicial de agua con respecto a biomasa es agua reciclada del propio procedimiento. Preferentemente, la proporción de agua con respecto a biomasa es de 20 a 1, preferentemente de 10 a 2, más preferentemente inferior a 5.

La alimentación se lleva hasta la presión deseada, que está en el intervalo de 100 a 250 bar, preferentemente de 130 a 180 bar, en una etapa y preferentemente de forma continua desde una presión de 5 bar o inferior, más preferentemente desde una presión de 2 bar o inferior, aun más preferentemente desde la presión atmosférica, a la presión deseada del procedimiento, preferentemente en un período de tiempo corto, generalmente en el orden de minutos.

Se ha encontrado que dicho procedimiento según la presente invención es particularmente confiable, por ejemplo, con respecto a la continuidad del procedimiento (se reduce el tiempo de inactividad de la instalación) y/u ofrece una ventaja con respecto al consumo de energía, comparado con un aumento de presión de dos etapas o múltiples etapas.

La alimentación se lleva hasta la presión deseada mediante una o más bombas en paralelo que tienen suficiente potencia. Ejemplos de dichas bombas son las del tipo que se utilizan para bombear hormigón en obras de construcción a relativamente grandes distancias o alturas tales como bombas de membrana o de émbolo.

Después de la presurización de la alimentación o simultáneamente a esta, se lleva la mezcla a una temperatura incrementada, como mínimo, de 180°C, por lo general de 200 a 275°C, preferentemente de 225 a 250°C, pero, como máximo, 280°C. La mezcla se mantiene a esta temperatura durante un período no mayor de 60 minutos, pero, como mínimo, de 5 minutos, por lo general de 10 a 50 minutos, pero preferentemente de 15 a 45 minutos, aunque lo más preferente es de 20 a 30 minutos.

Cuando la biomasa que se utiliza como alimentación no necesita la formación de una pasta o la necesita en menor medida antes de someter la alimentación a la etapa de reacción, es una realización de la presente invención que la presurización y el calentamiento de la alimentación sirven sustancialmente para llevar la alimentación hasta la presión y temperatura deseadas para la etapa de reacción. Esto puede aplicarse, sin constituir limitación, a biomasa que está, como mínimo, parcialmente disponible en forma de suspensión, por ejemplo, biomasa líquida o biomasa que contiene sólo material en partículas pequeñas, con una suficiente proporción de agua con respecto a biomasa. El objetivo de la etapa de calentamiento es entonces, principalmente, calentar la alimentación antes de la etapa de reacción.

La pasta obtenida del procedimiento se separa para obtener una fracción líquida y una fracción que contiene sólidos. La fracción que contiene sólidos, en una realización preferente, se utiliza directamente como una corriente de alimentación en un procedimiento para la generación de energía, opcionalmente después de más deshidratación o de otros medios de concentración tales como la utilización de hidrociclones. La fracción líquida se puede reciclar hasta el principio del procedimiento para ajustar la relación agua a biomasa. Dependiendo del tipo de biomasa utilizada, una parte de biomasa se disuelve durante el procedimiento. Puede separarse una fracción que contiene los componentes disueltos. La fracción líquida que contiene componentes disueltos es preferentemente sometida a otros tratamientos tales como fermentación o digestión anaerobia y similares. Por ejemplo, cuando la fracción líquida separada contiene azúcares y similares, tales como celulosa u otros hidratos de carbono, se ha previsto la preparación de fluidos altamente energéticos tales como el alcohol.

Es preferente realizar el procedimiento a una presión superior a la presión de vapor de la alimentación acuosa (mezcla biomasa/agua) a temperatura imperante.

El calentamiento de la alimentación se lleva a cabo preferentemente por calentamiento indirecto y/o mediante la reutilización del calor suministrado por el propio procedimiento de una manera eficiente. La mezcla se suministra, por ejemplo, mediante una bomba de recirculación, pero también mediante inyección de gas, por ejemplo, opcionalmente, gas precalentado que contiene CO₂ del propio procedimiento.

Después de la primera y segunda etapa del procedimiento, se lleva a cabo una etapa de reacción. Dependiendo de la fuente de biomasa y de la proporción de agua con respecto a biomasa, la alimentación se utiliza inmediatamente en la etapa de reacción del procedimiento según la presente invención. Esta etapa de reacción puede llevarse a cabo con la pasta, opcionalmente deshidratada, o con la fracción sólida obtenida a partir de la pasta. Durante esta etapa, la mezcla de reacción que se forma como resultado de la primera y segunda etapas del procedimiento se calienta a una temperatura superior a la temperatura de la segunda etapa. La temperatura de la etapa de reacción es preferentemente superior a 280°C, más preferentemente superior a 300°C, pero lo más preferente es que sea superior a 325°C, aunque la temperatura no debe superar los 350°C durante un período de tiempo desde 1 hasta 60 minutos, preferentemente en el intervalo de 5 a 50 minutos, preferentemente de 10 a 40 minutos. Durante esta etapa, la mezcla de reacción se convierte en el producto de hidrocarburos líquido.

La duración del calentamiento parece importante para obtener una conversión óptima al producto de hidrocarburo líquido. Una duración demasiado larga del calentamiento aumenta la carbonización de la alimentación y por lo tanto es indeseable porque disminuye el rendimiento del producto de hidrocarburo líquido. Una duración demasiado breve del calentamiento puede conllevar que la reacción no tenga lugar a una velocidad suficiente o no logre suficiente conversión. La duración del calentamiento está en el intervalo de 1 hasta 60 minutos, preferentemente hasta 45 minutos, más preferentemente hasta 30 minutos. Un intervalo preferente está en el orden de 1 a 5 minutos. La conversión de la mezcla de reacción es óptima si la mezcla de reacción tiene un breve tiempo de residencia. El tiempo de residencia es preferentemente de 5 a 30 minutos.

El calentamiento de la etapa de reacción se lleva a cabo preferentemente mediante calentamiento indirecto interno, opcionalmente, mediante gas precalentado que contiene CO₂, inyección de vapor o combinaciones de los mismos. El gas que contiene CO₂ puede provenir de otras etapas del procedimiento. Para obtener niveles óptimos de conversión con mínimos volúmenes de reacción, la reacción y el calentamiento se llevan a cabo preferentemente en una operación tipo flujo pistón.

La mezcla de reacción se calienta ventajosamente de una manera eficiente suministrando a la mezcla de reacción un gas que contiene oxígeno tal como aire. En las condiciones de reacción empleadas, el oxígeno reacciona con la

mezcla de reacción, con lo que se consume oxígeno y parte de la mezcla de reacción y se genera energía térmica. La energía térmica se utiliza para calentar la mezcla de reacción.

El contenido del reactor estacionario en el que se lleva a cabo la reacción preferentemente comprende la mayor parte de agua y producto de hidrocarburo líquido, mientras que la cantidad de mezcla de reacción que no ha reaccionado se mantiene relativamente baja. De esta manera, tiene lugar una transferencia de calor eficaz y eficiente de manera que la alimentación alcanza rápidamente la temperatura deseada a la cual se realiza la conversión de la alimentación.

Durante la etapa de reacción se pueden formar gases adicionales. Sin embargo, la etapa de reacción se realiza preferentemente tanto como sea posible como una operación totalmente líquida, para minimizar el volumen el volumen del reactor de alta presión. En consecuencia, la separación de los gases de los productos de la segunda etapa y la etapa de reacción se realiza preferentemente en una etapa de separación después de la etapa de reacción, opcionalmente después de la reducción de la presión y, opcionalmente, de la temperatura.

Mediante el empleo de estas técnicas de separación, las fracciones más ligeras y el agua se separan de las fracciones más pesadas. Posteriormente, el agua se evapora y después de la condensación, que se obtiene por separado una corriente más limpia sin los minerales de la alimentación, reduciendo así la cantidad de agua residual. Además, el agua residual contiene menos compuestos orgánicos volátiles disueltos, el contenido de calor de dichos compuestos se recupera eficientemente mediante combustión en el horno del procedimiento. Antes de reducir la presión a la presión final para la combustión en el horno del procedimiento, la energía de presión en el gas producto se recupera, opcionalmente, en turbinas especiales para la generación de electricidad para su utilización en el procedimiento.

La fracción más pesada comprende los componentes más pesados del petróleo y el resto de los componentes sólidos. Esta fracción se puede separar de la fase acuosa o recibir tratamiento adicional.

Aspectos importantes de la presente invención son los productos que se pueden obtener mediante el procedimiento de la presente invención. La separación del hidrocarburo producto en una fracción más ligera y una fracción más pesada es ventajosa ya que, opcionalmente, después de un tratamiento adicional o purificación, se obtienen de la fracción más ligera productos que son adecuados para la aplicación directa en procedimientos de generación de energía eléctrica y/o térmica. El tratamiento posterior adicional de la fracción más ligera, por ejemplo, mediante hidrogenación, permite la utilización de la fracción más ligera, por ejemplo, en combustibles para el transporte altamente valiosos, tales como diesel y queroseno, que se pueden mezclar con combustibles fósiles convencionales.

Cabe destacar que el tratamiento posterior de la fracción más ligera, por ejemplo, mediante hidrogenación, es mucho menos complicado que el tratamiento posterior de la corriente de hidrocarburos completa, tal como se describe en publicaciones anteriores.

El producto de hidrocarburos, según la presente invención, en general, tiene un contenido de oxígeno del 10 al 15% en peso, valor calórico inferior de 28-35 MJ/kg, densidad en el intervalo de 900 a 1100 kg/m³ a 50°C, un peso molecular en el intervalo de 60 a 800 con una media de PM de 250-350 y un intervalo de punto de ebullición superior a 90°C en el que aproximadamente un 50% en peso está por encima de 450°C cuando se corrige a la presión atmosférica. El contenido mineral, en general, es de 0,5 a 10% en peso, dependiendo de la alimentación. La fracción ligera tiene un contenido de oxígeno de 5 a 25% en peso, un valor calórico inferior de 30 a 40 MJ/kg y un contenido mineral inferior a 0,5% en peso.

La fracción pesada tiene un contenido de oxígeno de 10 a 20% en peso, un valor calórico inferior de 20 a 35 MJ/kg y un contenido mineral de 0,5 a 25% en peso, dependiendo de la alimentación.

La fracción más pesada es preferentemente transformada en un combustible estable y transportable mediante una variedad de procedimientos posibles, que comprenden, por ejemplo, mezclado con metanol y emulsificación. La emulsificación de la fracción más pesada da como resultado la formación de una bioemulsión. Una bioemulsión, según la presente invención, comprende una emulsión acuosa de partículas solidificadas de la fracción pesada del procedimiento. La emulsión comprende de 55 a 95% en peso, preferentemente de 65 a 70% en peso, pero como mínimo más de 50% en peso de la fracción pesada en agua. Esta bioemulsión es un combustible de alto poder calórico que es fácilmente transportable y combustiona fácilmente. Los procedimientos para la preparación de bioemulsión son conocidos en la técnica, por ejemplo, en la industria del betún.

Otra alternativa para la fracción pesada, después de la separación de la fracción más ligera, es formar copos de la fracción pesada o pulverizarla. La fracción pesada en copos solidifica, formando pequeñas partículas.

Este es un producto que es sólido a temperaturas normales, no fluye o se licúa con el almacenamiento y se puede mezclar directamente con otros combustibles sólidos tal como carbón. La fracción pesada, por lo tanto, también proporciona un combustible con una densidad de energía aumentada.

Otra alternativa más para la fracción pesada es la extracción con un disolvente adecuado, preferentemente polar, tales como acetona, tetrahidrofurano o CO₂ supercrítico. De esta manera, se puede obtener con un alto rendimiento preferentemente por encima de 70% en peso, un hidrocarburo líquido libre de sustancias minerales que puede ser fácilmente transportado y que es directamente utilizado con una alta eficiencia para la generación de electricidad y/o calor. El producto obtenido de esta manera es también más fácil de transformar mediante hidrogenación, opcionalmente en combinación con la fracción más ligera, para producir combustibles para el transporte tal como se describió anteriormente en el presente documento. El resto de la fracción pesada después de la extracción contiene todos los minerales y puede ser utilizada como combustible sólido, por ejemplo, en hornos de cemento o en centrales generadores que utilizan carbón combustible.

La extracción del producto de hidrocarburos obtenido en la etapa de reacción con un disolvente adecuado proporciona una ruta alternativa para obtener un producto con una densidad de energía mayor. Una extracción del producto de hidrocarburos formado o biocrudo puede permitir la omisión de una etapa de separación en una fracción ligera y pesada. La ventaja de esta etapa depende, en gran medida, del tipo de biomasa y la constitución del producto que contiene hidrocarburos.

El agua residual producida puede ser ventajosamente utilizada en otras secciones del procedimiento, por ejemplo para calentar el material de alimentación y/o para ajustar la proporción de agua con respecto a biomasa. El efluente final de agua, después de la separación de los componentes de hidrocarburos, preferentemente y de manera ventajosa puede disminuirse aún más en temperatura y presión mediante evaporación instantánea, para eliminar la mayoría de los componentes orgánicos volátiles disueltos para su utilización en el horno del procedimiento. El resto del agua puede ser tratada además, por ejemplo, biológicamente, para eliminar la mayoría de los componentes de hidrocarburo residuales y concentrarla, por ejemplo, mediante ósmosis inversa. El concentrado se puede utilizar, por ejemplo, para reciclarlo como fertilizante para la preparación de biomasa.

Descripción de la figura:

La figura 1 da a conocer una realización de una instalación para la conversión de biomasa según la presente invención.

La alimentación G se lleva al almacenamiento. Desde el almacenamiento se introduce una cantidad adecuada en una etapa previa VB en la que la alimentación se trata para introducirla en la primera etapa del procedimiento. La etapa VB puede incluir etapas tales como lavado, trituración, etc. Se puede añadir agua, preferentemente proveniente de una corriente de reciclaje, para ajustar la relación de agua con respecto a biomasa a un nivel deseado. Opcionalmente, la alimentación puede ser precalentada, por ejemplo, a una temperatura de 50 a 95°C. Para este fin se puede utilizar calor producido en cualquier parte del procedimiento. La bomba P sirve para llevar de forma continua la alimentación tratada previamente a la presión de procedimiento, si es necesario se aumenta de 10 a 30 bar para superar la posible resistencia de las tuberías. En el precalentador/pretratador VW, la alimentación se convierte en una masa pastosa que puede ser transportada a través de tuberías, preferentemente sin pérdida de presión importante. El calentamiento de la alimentación, en esta realización, se puede lograr mediante el mezclado de una corriente de reciclado de agua del procedimiento con la corriente de alimentación. La corriente de reciclado en este punto es de 0,5 a 5 veces la cantidad de la corriente de alimentación P y sirve para lograr una temperatura inferior a 280°C durante un período de hasta 60 minutos. En el presente ejemplo, esto se logra manteniendo la corriente resultante en VW durante el período de tiempo deseado. La temperatura en la corriente de reciclado ha sido llevada hasta 200 - 360°C en el intercambiador de calor E1. En este punto, la pasta se puede obtener para ser secada, con el fin de obtener los sólidos que contiene la fracción que puede ser utilizada en la generación de energía y obtener una fracción líquida que contiene los productos disueltos A para tratamiento posterior.

La masa suavizada obtenida de esta manera se lleva a través del intercambiador de calor E2 en el que la masa se calienta más hasta la temperatura de reacción deseada superior a 280°C. El volumen del reactor R se selecciona de manera que la corriente permanece en el reactor R durante un período de tiempo suficiente para alcanzar sustancialmente la conversión deseada. Si se desea o se considera ventajoso, cualquiera de las funciones VW, E2 y R se pueden combinar en un solo aparato. En esta realización, el aparato es diseñado de manera que la corriente pasa a través de una serie de zonas posteriormente. En estas zonas tienen lugar las diferentes etapas. La corriente de líquido proveniente de R se enfría en el intercambiador de calor E3 a temperaturas entre 180°C y 300 °C, para evitar sustancialmente que la reacción continúe y tomar el calor de alta temperatura para utilizarlo en otras partes del procedimiento. Por otra parte, cuando no se ha obtenido aún la suficiente conversión, puede llevarse a cabo una etapa de reacción adicional o continua, por ejemplo, en un reactor tal como un reactor de flujo pistón. El separador S1 separa la fase oleosa de la fase acuosa. La fase oleosa se lleva al evaporador instantáneo F1 para ser separada en fracción ligera y fracción pesada de biocrudo. La fracción pesada ZC puede ser tratada además, por ejemplo, para formar bolitas ("pellets") o formar escamas, extracción o similares. En el presente ejemplo, la fracción pesada se obtiene como tal.

El vapor procedente del evaporador instantáneo que contiene la fracción ligera del biocrudo se condensa en E4 y posteriormente se lleva al separador S4 para separarlo.

La fase acuosa procedente de S1 se divide en una corriente de reciclo que es dirigida mediante la bomba P2 al intercambiador de calor E1. La corriente acuosa restante se puede tratar de varias maneras. En el presente ejemplo, la presión se reduce hasta 10 a 125 bar en el evaporador instantáneo F2 y se forma una corriente de vapor y una líquida a una temperatura de 150 a 300 °C. La corriente líquida, después del enfriamiento, junto con otras corrientes acuosas de otras partes del procedimiento, se llevan a una planta de tratamiento de agua WZ. En esta instalación, el contenido de residuos orgánicos e inorgánicos se reduce a niveles aceptables para el ambiente, por ejemplo, mediante sedimentación, digestión (an)aeróbica y similares. En el caso de la digestión anaerobia, que es la preferente, los residuos orgánicos restantes se convierten en biogás, que puede ser utilizado para la generación de energía, por ejemplo, para calentamiento en el procedimiento. La corriente de agua limpia se puede desechar.

A la fase de vapor procedente del reactor R se le disminuye la presión y se enfría en el intercambiador de calor E6 para condensar agua y biocrudo. El vapor y el líquido se separan en el separador S3. Las corrientes líquidas procedentes de E4 y S3 se combinan y se envían al separador S2 en el que se separan agua y aceite. Una corriente gaseosa de S2 se envía hacia el horno que se utiliza para generar calor para el procedimiento. La fase oleosa que se obtiene en S2 es la fracción ligera del biocrudo LC.

Las corrientes de vapor y gas que se obtienen en el procedimiento se pueden enviar al horno. Estas corrientes comprenden CO₂, agua, gases inflamables tales como monóxido de carbono, hidrógeno, metano y otros compuestos orgánicos ligeros tales como etanol y ácido acético. Los gases inflamables combustionan en el horno con aire y el calor generado de esta manera se utiliza para calentar en el procedimiento. Esto se puede llevar a cabo mediante el calentamiento de un medio de intercambio de calor o mediante la generación de vapor. El medio de intercambio de calor se utiliza para proporcionar calor a los intercambiadores de calor E1 y E2. Se suministra exceso de calor al medio de intercambio de calor en el intercambiador de calor B3. Al ajustar cuidadosamente los niveles de temperatura de estos intercambiadores de calor se logra una máxima integración de calor. Si el calor generado por la combustión de los gases inflamables es insuficiente, se puede suministrar al horno de forma adicional combustible extra EB. Es adecuado biocrudo combustible adicional. De forma alternativa, puede ser ventajosa la aplicación de un combustible proveniente de una fuente externa.

Los gases de escape del horno RG se enfrían hasta un nivel de temperatura óptimo y, opcionalmente, se tratan previamente para eliminar, por ejemplo, NOx y otros ingredientes no deseados antes de ser enviados a la atmósfera.

La composición del producto de hidrocarburos líquido y las fracciones obtenidas del mismo, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla

Producto de hidrocarburos líquido:

Contenido de Oxígeno	10 - 15% en peso
Valor calórico inferior	28 - 35 MJ/kg
Densidad	900 - 1100 kg/m ³ a 50°C
Peso Molecular	60 - 800
Peso Molecular promedio	250 - 350
Intervalo de punto de ebullición	>90°C aprox. 50% en peso punto de ebullición superior a 450°C (corregido a presión atmosférica)

Contenido de minerales	0,5 - 10% en peso dependiendo de alimentación
------------------------	---

Fracción pesada:

Contenido de Oxígeno	10 - 20% en peso
Valor calórico inferior	20 - 35 MJ/kg
Contenido de minerales	0,5 - 25% en peso dependiendo de alimentación

Fracción ligera:

Contenido de Oxígeno	5 - 25% en peso
Valor calórico inferior	30 - 40 MJ/kg
Contenido de minerales	< 0,5% en peso

EJEMPLO

En base a experimentos de laboratorio, se llevó a cabo el siguiente ejemplo de simulación a gran escala. Todas las referencias mencionadas se refieren a la figura 1.

La corriente G de materias primas comprende 20,50 kg/s de residuos de remolacha azucarera (pasta de remolacha azucarera). Este es un subproducto de la fabricación de azúcar a partir de remolacha.

Esta materia prima tiene la siguiente composición:

Materia orgánica	20,35% en peso
Minerales	1,65% en peso
Agua	78,00% en peso

En la etapa VB la corriente de materias primas se calienta a 80°C utilizando calor recuperado de las corrientes del procedimiento aguas abajo. Sin agua adicional, la alimentación pasa a través de dos bombas de émbolo en paralelo P en las que se aumenta la presión a 170 bar.

En el recipiente suavizante VW la corriente de materias primas presurizada se combina con 19,15 kg/s de una corriente de agua reciclada proveniente del intercambiador de calor E1, que tiene una temperatura de 350°C y una presión de 175 bar. La mezcla combinada en VW tiene una temperatura de 230°C. La inyección de la corriente de agua reciclada provoca un grado sustancial de mezclado en el recipiente VW. Las dimensiones del recipiente son tales que la mezcla tiene un tiempo de residencia promedio de 15 minutos. Este tiempo de residencia permite una suavización de la mezcla de reacción de manera que fluirá fácilmente a través del intercambiador de calor E2 en el que se calienta hasta una temperatura de 330°C. La mezcla de reacción calentada (39,65 kg/seg) pasa a continuación a través del reactor R en el que se da un tiempo de residencia promedio de 10 minutos a una presión de 165 bar. Se ha encontrado a partir de experimentos que después del tiempo de reacción, existen tres fases, a saber una corriente gaseosa, una corriente líquida acuosa y una corriente líquida orgánica. La corriente gaseosa se separa de las corrientes líquidas. En el presente ejemplo, las funciones de E2, R y la separación de la corriente gaseosa, se combinan en un recipiente con un diseño especial.

La corriente gaseosa proveniente de R comprende 1,07 kg/s de gases (0,96 kg/s de dióxido de carbono, 0,03 kg/s de monóxido de carbono y 0,02 kg/s de hidrógeno, metano y otros gases), 1,28 kg/s de vapor de agua, 0,05 kg/s de vapor biocrudo y 0,16 kg/s de compuestos orgánicos ligeros tales como ácido acético y acetona. La corriente se condensa parcialmente en el condensador E6 a 80°C, de manera que prácticamente todos los gases e hidrocarburos ligeros permanecen en la fase vapor. Estos se separan del condensado en el separador S3 y se envían al horno del procedimiento. El condensado se pasa al separador S2.

Las corrientes líquidas combinadas provenientes de R se enfrían en el intercambiador E3 hasta 260°C y posteriormente se separan en el separador S1 en 1,85 kg/s de biocrudo y 35,24 kg/s de fase líquida acuosa. El biocrudo se evapora en el evaporador instantáneo F1 en el que se generan 0,43 kg/s de vapor. Éste se condensa en el condensador E4 como biocrudo ligero y se envía a S2. Aquí, se aísla la corriente de biocrudo ligero total de 0,48 kg/s (LC) y se envía al almacén de productos. Posteriormente, puede mejorarse mediante hidrogenación catalítica para obtener 0,43 kg/s de gasoil y queroseno, que son componentes de alto valor del combustible para el transporte.

La corriente líquida del fondo del evaporador instantáneo F1 es de 1,42 kg/s de producto de biocrudo pesado ZC. Después del enfriamiento se envía al almacén de productos y posteriormente puede ser tratado o utilizado como tal.

La fase líquida acuosa proveniente del separador S1 de 35,24 kg/s se separa en corriente de agua reciclada de 19,15 kg/s a E1 y una corriente de 16,09 kg/seg, que se evapora de forma instantánea en F2. El vapor de la parte superior se condensa parcialmente en E5. El resto del vapor contiene 0,111 kg/s de productos orgánicos ligeros y se envía al horno del procedimiento. El condensado se combina con la corriente de fondo del evaporador instantáneo F2. Después del enfriamiento adecuado, esta corriente se combina con la corriente acuosa proveniente de S2 y se envía a la sección de tratamiento de agua WZ. Aquí, el agua residual se limpia en primer lugar mediante digestión anaeróbica, de la que se obtienen 0,12 kg/s de productos orgánicos ligeros contenidos en el biogás en una cantidad de manera que contiene un 80% del valor calórico de los compuestos materia orgánicos. El resto del agua se trata adicionalmente mediante procedimientos adecuados y la corriente de agua limpia se desecha.

El horno de procedimiento sirve para proporcionar calor a un medio de transferencia de calor que suministra calor a los intercambiadores E1 y E2. Las corrientes de proceso combinadas en el horno proporcionan 14,1 MW (valor calórico inferior) de calor de combustión. Se requieren 1,3 MW adicionales de combustible externo EB. Con los datos anteriores se puede calcular que el procedimiento mostrado en este ejemplo tiene una eficiencia térmica de 74,9%. La eficiencia térmica se define como la proporción entre los valores calóricos inferiores de las corrientes de productos de biocrudo combinadas por una parte, y, por otro lado, los de las materias primas más los del combustible externo.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para preparar de forma continua un producto de hidrocarburos que tiene una densidad de energía mejorada a partir de biomasa, que comprende
5
 - una primera etapa en la que una alimentación acuosa que contiene biomasa se somete a un tratamiento que comprende llevar la alimentación en una sola etapa desde una presión de 5 bar o inferior a una presión de 100 - 250 bar,
- 10
 - una segunda etapa en la que la alimentación presurizada se mantiene a una temperatura entre 180 y 280°C durante un período de 5 a 60 minutos, a dicha presión de 100 - 250 bar, formando de esta manera una mezcla de reacción y en la que la primera etapa y la segunda etapa se llevan a cabo de forma consecutiva o simultáneamente.
- 15
 - una etapa de reacción en la que la mezcla de reacción se calienta durante un período de 1 a 60 minutos a una temperatura superior a 280°C, pero inferior a 350°C.
2. Procedimiento, según la reivindicación 1, que comprende además una fase de separación y aislamiento, que comprende separar y/o aislar el gas resultante y las fracciones que contienen hidrocarburos.
- 20 3. Procedimiento, según las reivindicaciones 1 ó 2, en el que después de la etapa de reacción la mezcla de reacción se enfría mediante evaporación instantánea de la mezcla que contiene el producto.
4. Procedimiento, según las reivindicaciones 1-3, en el que la fracción que contiene hidrocarburos se separa en una fracción más ligera y una fracción más pesada.
25
5. Procedimiento, según las reivindicaciones 1-4, en el que la alimentación de biomasa acuosa tiene una proporción de agua con respecto a biomasa, como mínimo, de 3.
- 30 6. Procedimiento, según las reivindicaciones 1-5, en el que durante la segunda etapa se forma una mezcla de reacción en la que las estructuras macromoleculares en la alimentación se degradan y/o se despolimerizan.
7. Procedimiento, según las reivindicaciones 1-6, en el que el calentamiento de la alimentación en la etapa de reacción se lleva a cabo mediante la introducción de un gas que contiene oxígeno.
- 35 8. Procedimiento, según la reivindicación 4, en el que la fracción más pesada se somete a una reacción adicional.
9. Procedimiento, según las reivindicaciones 1-8, en el que durante la etapa de reacción la mezcla de reacción se convierte sustancialmente en un producto que contiene hidrocarburos.
40
10. Procedimiento, según la reivindicación 8, en el que la fracción más pesada es transformada posteriormente en un reactor de flujo pistón.
11. Procedimiento, según las reivindicaciones 1-10, en el que antes de calentar la mezcla de reacción, como
45 mínimo, se separa parte del líquido acuoso que contiene componentes fermentables.
12. Procedimiento, según las reivindicaciones 1-11, en el que el tamaño de partícula promedio de los sólidos en la biomasa es de 5-15 mm, preferentemente de 10-15 mm.
- 50 13. Procedimiento, según las reivindicaciones 1-12, que comprende además una etapa de extracción después de la etapa de reacción.

