

P-2021/35879

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES

E. S. D.

Re: Expediente No. **NC2021/0014874**

Solicitud de patente a nombre de **EUROPEENNE DE BIOMASSE**

Yo, CAROLINA DAZA MONTALVO identificada como aparece al pie de mi firma, domiciliada en la Carrera 11 No. 86-53, obrando como apoderada de la sociedad **EUROPEENNE DE BIOMASSE**, domiciliada en París, Francia, solicitante de la patente de la referencia, en respuesta al Oficio No. **3390** notificado mediante notificación electrónica el 10 de marzo de 2025 y para el cual solicité prórroga el 3 de junio de 2025, relacionado con el segundo concepto técnico de fondo, atentamente me permito presentar la siguiente información:

1. Modificación a las reivindicaciones y a la descripción

Con fundamento en la facultad que confiere el Artículo 34 de la Decisión 486 al solicitante para modificar la solicitud de patente en cualquier momento del trámite, presento junto con este memorial un capítulo reivindicatorio modificado, el cual consta de dos (2) reivindicaciones y reemplaza completamente el capítulo presentado anteriormente.

En particular, se han realizado las siguientes modificaciones:

1.1 En la reivindicación 1:

- Se reemplazó la expresión "*tiene un poder calorífico superior al poder calorífico de la biomasa antes de la etapa de craqueo de vapor*" por "*tiene un poder calorífico incrementado*".
- Se especificó que el tratamiento de craqueo al vapor se realiza a una temperatura entre 195 °C y 215 °C durante 5 a 30 minutos. Esta modificación encuentra sustento en la página 6 de la descripción.

1.2 Se realizaron ajustes menores de redacción.

Por otra parte, se presenta una nueva descripción en la que:

- Se han representado los valores de masa y presión en kilogramos (kg) y pascales (Pa), respectivamente.
- Se incluyeron los siguientes párrafos, los cuales fueron excluidos de la descripción originalmente presentada por un error material:
 - o *"La invención se refiere también a una unidad de craqueo a vapor para la implementación de este proceso"* (Página 4). Este párrafo encuentra sustento en la página 6 de la solicitud internacional PCT/FR2020/050730.
 - o *"El tratamiento térmico de la biomasa se realiza con vapor ligeramente saturado a una temperatura de entre 195 °C y 215 °C. El tiempo de procesamiento es de entre 5 y 30 minutos"* (página 6). Este párrafo encuentra sustento en la página 8 de la solicitud internacional PCT/FR2020/050730.

El solicitante se permite manifestar que las modificaciones presentadas en esta oportunidad no implican una ampliación de la protección que correspondería a la divulgación contenida en la solicitud inicial, por lo que es posible afirmar que el nuevo capítulo reivindicatorio se ajusta a las disposiciones del Artículo 34 de la Decisión 486/00.

2. Pago de tasas

Considerando que el presente memorial se presenta junto con modificaciones a las reivindicaciones, se anexa el comprobante de pago correspondiente a la tasa de modificación, según lo establecido en la Resolución No. 59669 de 2020.

Ahora, en relación con el número de reivindicaciones, atentamente me permito resaltar que junto a la presente respuesta no se realiza el pago de la tasa por concepto de reivindicaciones adicionales, toda vez que el nuevo capítulo reivindicatorio tiene un número de cláusulas igual que el presentado anteriormente.

3. Claridad, concisión y soporte de nuevas reivindicaciones

El solicitante manifiesta que mediante la presentación del nuevo capítulo reivindicatorio quedan subsanadas la totalidad de las objeciones, de modo tal que las nuevas

reivindicaciones proporcionan claridad y concisión a la invención descrita, a la vez que cuentan con el debido sustento en la descripción de la solicitud.

Con respecto a las objeciones puntuales del examinador se presentan las siguientes aclaraciones:

- 3.1** El Examinador considera que la reivindicación 1 no es clara porque reclama: *"en donde el factor de gravedad de la etapa de craqueo al vapor se controla en función del contenido de carbono en el gas de salida, siendo empleada dicha tasa de carbono por un ordenador para modificar la tasa de gravedad, de acuerdo con una función predeterminada para maximizar el LVH realizado en tiempo real"*. Sin embargo, (i) la descripción no detalla cómo se lleva a cabo dicho ajuste ni proporciona información sobre la función utilizada para modificar el factor de gravedad; (ii) la relación técnica entre el contenido de carbono en el gas de salida y el LHV; y, (iii) la cantidad de calor generado no depende únicamente del carbono presente, sino también de la composición de los gases acompañantes.

El Solicitante manifiesta su desacuerdo. La característica objetada en la reivindicación 1 si es clara y está plenamente sustentada en la descripción.

El factor de severidad es un concepto consolidado en el ámbito técnico del craqueo a vapor de biomasa, familiar para las personas versadas en la materia. Este factor cuantifica la intensidad del tratamiento aplicado a la biomasa. Se determina mediante una función matemática que tiene en cuenta tanto la temperatura como la duración del tratamiento a vapor. Específicamente, la página 6 de la descripción enseña que:

El Factor de Gravedad del tratamiento se define mediante la fórmula: $FS = \text{Log}_{10}(\text{tiempo}(\text{min}) * \exp((T^{\circ}\text{C} - 100)/14.75))$ Cuanto más alta es la temperatura y más largo el tiempo de tratamiento, más aumenta la gravedad y más transformación se observa en el producto.

Cuanto mayor sea el factor de gravedad, más intenso será el tratamiento, lo que conlleva una transformación más extensa de la biomasa, en particular mediante la evaporación de compuestos orgánicos volátiles (COV). En este sentido, la descripción explica en la página 6 que:

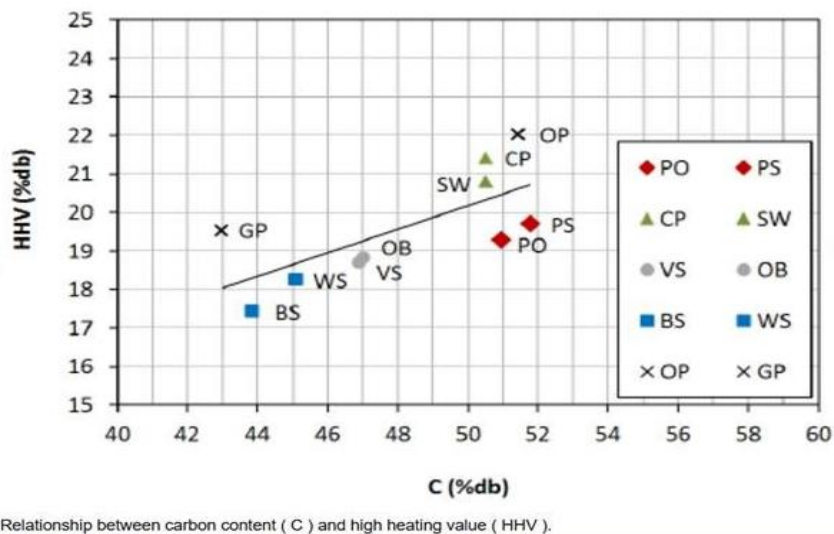
Cuanto mayor sea la gravedad, mayor será la pérdida y mayor la ganancia de Poder Calorífico Inferior. Durante el craqueo al vapor, se ataca principalmente a las hemicelulosas. Las principales sustancias volátiles solubles generadas son el furfural, el ácido acético y el ácido fórmico. Estas sustancias volátiles solubles se encuentran en el vapor que sale ("se evapora"). Dependiendo del tipo de gasolina probado, la naturaleza de los condensados varió. Así, para el roble, el furfural es más importante (hasta el 60 % de los COV) mientras que, para el pino, el ácido acético es la mayoría (hasta el 50 % de los COV). (énfasis añadido)

La presente invención introduce un sistema de monitorización en tiempo real de esta transformación, basado en la detección de compuestos que contienen carbono, en los gases de salida de la cámara de craqueo a vapor.

Unos sensores miden continuamente la cantidad de carbono liberado, lo que refleja directamente el grado de transformación de la biomasa durante el proceso. Esta medición se utiliza para ajustar automática y dinámicamente la intensidad del tratamiento en tiempo real, modificando el factor de gravedad según sea necesario. Este enfoque permite adaptar el proceso continuamente al estado actual de la biomasa, optimizando así su conversión energética, como se detalla en la página 9 de la descripción, así como en la reivindicación 1.

Esta regulación se basa en una función predeterminada, que corresponde a un objetivo establecido para el final del proceso. Como se indica en la página 9 de la descripción: "La señal proporcionada en tiempo real por la sonda es representativa de las variaciones en los niveles de carbono en el efluente. Esta señal es utilizada por un ordenador para modificar los parámetros del craqueador a vapor, en particular la tasa de gravedad, según una función predeterminada por los objetivos buscados: por ejemplo, maximizar el LHV." El objetivo en este contexto es optimizar el LHV, y la función predeterminada ajusta el proceso en consecuencia.

El nivel de carbono medido en los gases de salida se interpreta como un indicador correlacionado con el rendimiento energético. Sirve como parámetro de control para orientar continuamente el proceso hacia la mejora del rendimiento energético del producto final. Esta correlación se ilustra mediante el siguiente diagrama que muestra claramente que cuanto mayor sea el contenido de carbono en los gases de salida, mayor será el LHV.



Es precisamente esta **relación directa entre el contenido de carbono y el poder calorífico** la que constituye la base técnica de la invención y sobre la que se construye el algoritmo de **ajuste automático del factor de gravedad**.

En vista de las anteriores clarificaciones, se solicita dar por superadas las objeciones en este aspecto.

3.2 El Examinador asegura que la expresión "*siendo empleada dicha tasa de carbono por un ordenador para modificar la tasa de gravedad, de acuerdo con una función predeterminada para maximizar el LVH realizado en tiempo real*" de la reivindicación 1 es un resultado a alcanzar y no define al procedimiento, puesto que la reivindicación incluiría no sólo la solución propuesta en la solicitud, sino todas las alternativas presentes o futuras que permitan llegar a ese resultado.

El Solicitante manifiesta su desacuerdo. La característica señalada no es un resultado a alcanzar, sino una descripción de una etapa integral del proceso reclamado en la que, mediante una función predeterminada ejecutada en un ordenador, y con base en el contenido de carbono en el gas de salida, se controla el factor de gravedad y así se maximiza el LHV en tiempo real.

La relación entre el contenido de carbono, el factor de gravedad y el LHV (poder calorífico inferior) se explicó en detalle en el punto 3.1. de este memorial. Adicionalmente, la reivindicación 1 establece un rango de temperaturas y un rango de

tiempos bajo los que se realiza la etapa de craqueo al vapor, lo cual implícitamente establece un rango de valores en los que podrá oscilar el factor de gravedad.

En vista de lo anterior, se solicita dar por superadas las objeciones en este aspecto.

- 3.3** El Examinador afirma que las reivindicaciones 1 y 2 emplean los términos "*inferior*" y "*superior*", que son relativos por lo cual no permiten distinguir la invención del estado de la técnica.

El Solicitante manifiesta su desacuerdo. No obstante, con el fin de agilizar el trámite de la solicitud, ha eliminado el término "*superior*" del preámbulo de la reivindicación 1.

Respecto a la expresión "*un contenido de humedad inferior al 27%*" de la reivindicación 1, la persona versada en la materia entendería que se está haciendo referencia a un rango de humedad que oscila entre el 0% y valores menores al 27%.

Respecto a la expresión "*el factor de gravedad de la etapa de craqueo al vapor es superior a 3,7 e inferior a 4,2*" de la reivindicación 2, la persona versada en la materia entendería sin problema que el factor mencionado es mayor que 3,7 pero menor a 4,2. Es decir la reivindicación 2 establece de manera clara un rango de valores para el factor de gravedad.

Teniendo en cuenta que los términos empleados en el nuevo capítulo reivindicatorio son precisos y no son relativos, se solicita dar por superadas las objeciones en este aspecto.

4. Descripción

En primer lugar, el Examinador asegura que la descripción no describe de manera clara y suficiente cómo se lleva a cabo el control del factor de gravedad en función del contenido de carbono para maximizar el poder calorífico inferior (LHV).

El Examinador señala que, si bien la solicitud sugiere que el contenido de carbono en el gas de salida de la etapa de craqueo con vapor puede emplearse para determinar el LHV, no demuestra de manera clara la relación técnica entre estos parámetros. Adicionalmente, la cantidad de calor generado no depende únicamente del carbono presente, sino también de la composición de los gases acompañantes, lo que hace que la correlación carbono-LHV no sea evidente.

El Solicitante respetuosamente solicita que se reconsidere esta objeción, ya que la descripción contiene los elementos técnicos necesarios para que un experto en la materia implemente la invención y comprenda el fundamento de la relación reivindicada.

Como se explicó anteriormente, el factor de gravedad es un parámetro de proceso bien conocido en el campo del craqueo a vapor de biomasa y el tratamiento termoquímico. Este factor se calcula mediante una fórmula estándar que incorpora la temperatura y la duración del tratamiento. Este concepto es ampliamente reconocido en el estado de la técnica y una persona versada en la materia comprendería de inmediato cómo aplicarlo en el contexto descrito.

La solicitud también describe que este factor se ajusta automáticamente en tiempo real en función del contenido de carbono medido en los gases de salida mediante sensores. Esta medición refleja la liberación de **compuestos orgánicos volátiles (COV)** durante la transformación de la biomasa y sirve como **indicador directo de la intensidad del tratamiento aplicado**. Cuanto más severo sea el tratamiento, mayor será la liberación de COV, un fenómeno previsible y medible.

El contenido de carbono en los gases de efluente, utilizado como parámetro representativo de esta transformación, es procesado por un sistema informático en un ordenador para ajustar continuamente el factor de gravedad según una función predeterminada destinada a lograr un objetivo definido: **maximizar el LHV**.

Es importante destacar que la correlación entre el contenido de carbono y el LHV se aborda explícitamente en la solicitud. Adicionalmente, en el punto 3.1. se ha proporcionado un diagrama para ilustrar que cuanto mayor sea el contenido de carbono medido en los gases de salida, mayor será el LHV del producto final. Esta relación técnica constituye la base de la invención.

Si bien es cierto que otros gases también pueden contribuir al valor energético total, la invención no se basa en el contenido de carbono en sentido absoluto, sino que lo utiliza como **un indicador fiable y continuamente medible del nivel de transformación de la biomasa**. Este es un enfoque pragmático y técnicamente sólido para el control en tiempo real en un entorno industrial.

Por lo tanto, la solicitud describe no solo los medios para medir y calcular el factor de severidad, sino también la lógica detrás de este ajuste, su efecto previsto y la

justificación técnica que lo respalda. Todos los elementos esenciales (sensores, función predeterminada y la relación entre el parámetro medido y el rendimiento del proceso) están presentes.

Por otro lado, el Examinador señala que las unidades de medida "bar" y "toneladas" encontradas en la descripción no corresponden a las establecidas por el Sistema Internacional de Unidades.

En este aspecto, se señala que junto con este memorial se está presentado una nueva descripción en la que se han representado los valores de masa y presión en kilogramos (kg) y pascales (Pa), respectivamente.

Teniendo en cuenta lo anterior, se señala que la descripción cumple con los requisitos legales establecidos en la Decisión Andina 486.

5. Nivel inventivo

El Examinador asegura que las reivindicaciones 1 y 2 carecen de nivel inventivo a la luz de las enseñanzas técnicas descritas en el documento WO2017089648A1 (**D3**).

En opinión del Examinador, la diferencia entre la reivindicación 1 y el proceso de D3 consiste en incluir una etapa de control del factor de gravedad de la etapa de craqueo al vapor, donde dicho factor se ajusta en función del contenido de carbono en el gas de salida, siendo la tasa de carbono procesada por un ordenador para modificar la tasa de gravedad en tiempo real.

El Examinador considera que dicha diferencia no proporciona un efecto técnico diferente al ya proporcionado por D3, esto es un método que permite obtener biomasa explotada con vapor (material pulverulento) de fácil trituración y reducción de ensuciamiento y corrosión.

Adicionalmente, el Examinador considera que, aunque D3 no enseña explícitamente un control del factor de gravedad en función del contenido de carbono en el gas de salida, sí establece condiciones operativas para el craqueo al vapor con temperaturas entre 180 °C y 250 °C y un tiempo de exposición de al menos 2 minutos (Reiv. 2). Dado que estas condiciones se superponen con las de la presente solicitud, el Examinador considera razonable suponer que el factor de gravedad en ambos procesos sería similar o equivalente.

Así, el Examinador considera que el ajuste del factor de gravedad en función del contenido de carbono en el gas de salida no introduce una modificación sustancial en las condiciones de craqueo ya previstas en D3. Adicionalmente, el Examinador considera que la incorporación de sistemas de control automatizados en procesos industriales es una práctica común en la ingeniería de procesos.

Finalmente, el Examinador señala que la reivindicación dependiente 2 tampoco menciona características que proporcionen nivel inventivo.

El solicitante discrepa respetuosamente de la opinión del examinador y hace notar que el Artículo 18 de la Decisión 486/00 determina *que "una invención tiene nivel inventivo, si para **una persona del oficio normalmente versada en la materia técnica** correspondiente, esa invención no hubiera resultado obvia ni se hubiese derivado de manera evidente del estado de la técnica"* (énfasis añadido).

Lo anterior significa que el análisis de nivel inventivo **NO** es una comparación de los objetos de las anterioridades y la solicitud en estudio. El análisis de nivel inventivo **debe demostrar** la obviedad de la invención y establecer cómo ésta no contiene un salto cualitativo.

Ahora bien, como se explica a continuación, dichas condiciones no se cumplen para el caso en cuestión, pues las características técnicas de la materia reclamada no pueden derivarse de manera obvia o evidente a partir de las enseñanzas del estado de la técnica representadas en el documento D3 y, por lo tanto, la materia reclamada es inventiva a la luz del arte previo.

En primer lugar, el alcance de la materia reclamada está definido por la reivindicación independiente 1 que hace referencia a un proceso para la preparación en continuo de un material pulverulento que tiene un poder calorífico incrementado, que comprende:

- una etapa de craqueo al vapor, en donde una biomasa se somete directamente a un tratamiento de craqueo al vapor a una temperatura entre 195 °C y 215 °C durante 5 a 30 minutos,
- un paso de granulación de la biomasa para la preparación de combustibles granulados,

en donde la biomasa está constituida por elementos con una clase de granulometría entre P16 y P100, con un contenido de humedad inferior al 27 %; y

en donde el factor de gravedad de la etapa de craqueo al vapor se controla en función del contenido de carbono en el gas de salida, siendo empleada dicha tasa de carbono

por un ordenador para modificar la tasa de gravedad, de acuerdo con una función predeterminada para maximizar el LVH realizado en tiempo real.

Por su parte, el documento D3 describe combustibles sólidos obtenidos mediante un proceso que comprende una etapa de craqueo a vapor, lo que permite obtener gránulos con menor comportamiento de ensuciamiento y potencial corrosivo, con una cantidad reducida de aditivo.

La reivindicación 1 difiere de D3 en que se trata de un proceso para la preparación continua de un material en polvo cuyo factor de gravedad de la etapa de craqueo a vapor se controla en función del contenido de carbono del gas de salida. Dicho contenido de carbono se utiliza por ordenador para modificar el factor de severidad según una función predeterminada con el fin de maximizar el LHV.

Se enfatiza que el objetivo de D3 es mitigar los efectos negativos de los gases de combustión en las superficies de intercambio térmico mediante la adición de aditivos antiincrustantes o anticorrosivos específicos. Si bien D3 incluye una etapa de explosión de vapor, **no describe ni sugiere ningún mecanismo para controlar o ajustar los parámetros de craqueo a vapor basándose en la medición en tiempo real de los gases de salida.** Más importante aún, D3 no menciona ninguna correlación ni intención de aumentar el LHV de la biomasa tratada.

Por el contrario, la reivindicación 1 de la presente invención propone un mecanismo de retroalimentación en tiempo real en el que el factor de gravedad del proceso de craqueo a vapor se ajusta en función del contenido de carbono de los gases efluentes, con el objetivo de maximizar el LHV. Este ajuste **dinámico** se realiza mediante una función predeterminada implementada por un sistema informático. El resultado es un producto en polvo con un mayor valor energético, **adaptado al estado de transformación de la biomasa en tiempo real.**

Este proceso es especialmente relevante cuando la biomasa inicial consiste en una mezcla de diferentes especies de madera, lo que dificulta la identificación previa de la composición. En tales casos, la medición del contenido de carbono del efluente permite determinar en tiempo real el factor de gravedad más adecuado para maximizar el LHV.

El documento D3 no contiene ninguna enseñanza que permita a la persona versada en la materia monitorizar la composición del efluente durante el tratamiento ni ajustar la intensidad del tratamiento en consecuencia para alcanzar este objetivo energético.

Una persona versada en la materia, al analizar el documento D3 no habría encontrado una solución que le permitiera resolver el problema técnico expuesto anteriormente.

En consecuencia, ha sido demostrado que las características de la materia reclamada no se derivan de manera obvia o evidente a partir de las enseñanzas de D3. Por lo tanto, el objeto reclamado cumple con el requisito de Nivel inventivo establecido en el Art. 18 de la Decisión 486.

6. Conclusiones

Con las modificaciones introducidas y los argumentos presentados puede concluirse que:

- i) Las modificaciones del nuevo pliego reivindicatorio se ajustan a las disposiciones del Artículo 34 de la Decisión 486;
- ii) La invención de la presente solicitud es clara y cuenta con el debido sustento en el capítulo descriptivo, a la vez que se encuentra divulgada de manera suficientemente completa, cumpliendo así con los requerimientos de los Artículos 30 y 28 de la Decisión 486; y
- iii) La invención de la presente solicitud no resulta obvia ni se derivada de manera evidente del estado de la técnica, cumpliendo así con los requerimientos del Artículo 18 de la Decisión 486.

Por tanto, atentamente me permito solicitar a ese Despacho otorgar el privilegio de patente solicitado a la solicitud en estudio, toda vez que cumple a cabalidad con los requerimientos de la Decisión 486 de 2000.

Asimismo, respetuosamente solicito a ese Despacho pronunciarse en relación con todos los argumentos presentados en este memorial dando estricta aplicación al principio del debido proceso consagrado en el artículo 29 de la Constitución Nacional.

7. Anexos

- Descripción modificada
- Nuevo capítulo reivindicatorio que incluye dos (2) reivindicaciones.
- Recibo de pago por concepto de modificación a la solicitud.

Señora Directora,


CAROLINA DAZA MONTALVO
C.C. 66.783.790 de Palmira Valle
TP-141563 CSJ
notificaciones@clarkemodet.com.co

CONTROL DEL CRAQUEO AL VAPOR PARA MEJORAR EL LHV DE LOS PELLETS NEGROS

La presente invención se refiere al campo de la valorización de la biomasa lignocelulósica, en particular para la producción de combustibles del tipo "pellets negros" con un alto poder calorífico.

Área técnica

La transformación de la biomasa lignocelulósica (madera, residuos agrícolas, coproductos de la agricultura y la agroindustria) en un compuesto energéticamente denso, transportable y fácilmente almacenable que permitiría desarrollar y consolidar un sector energético industrial estacionario (biocombustible utilizado en un punto fijo, el hogar, en comparación con los biocombustibles) y reducir el impacto medioambiental (emisiones de CO₂ fósiles con una biomasa libre de fertilizantes y productos fitosanitarios).

Los pellets negros son cilindros resistentes a la degradación por la humedad, de 1 a 3 cm de longitud, con buena resistencia mecánica, lo que permite un almacenamiento y una manipulación similares a los del carbón. Su combustión genera pocas cenizas, con un poder calorífico inferior (LHV) cercano a los 18 a 20 julios / gramo de materia seca.

Los pellets negros se producen a partir de biomasa lignocelulósica que se somete a un tratamiento térmico, seguido de una despresurización repentina, para obtener un material impermeable para la producción de pellets o briquetas. En realidad, la materia prima se explota con vapor, lo que libera partículas más finas, permitiendo que el material tenga una fuerte cohesión durante la fase de agregación o moldeado.

El craqueo al vapor se diferencia del pretratamiento hidrotérmico, también conocido como fraccionamiento acuoso, solvólisis, hidrotermólisis o tratamiento hidrotérmico, en que este último consiste en utilizar agua a alta temperatura y alta presión para promover la desintegración y separación de la matriz lignocelulósica. Esta técnica no es adecuada para la producción de pellets negros, ya que los productos obtenidos son en su mayoría líquidos.

El pretratamiento hidrotérmico, también conocido como fraccionamiento acuoso, solvólisis, hidrotermólisis o tratamiento hidrotérmico, es un proceso de pretratamiento líquido con agua caliente que utiliza agua a alta temperatura y presión para promover la desintegración y separación de la matriz lignocelulósica.

El craqueo por vapor no puede equipararse a ninguno de los métodos de pretratamiento hidrotérmico, ya que emplea la penetración de vapor seguida

de una descompresión explosiva. La invención descrita en la solicitud de patente referenciada utiliza el sistema de craqueo al vapor en la realización de este proceso sin referirse a un sistema de pretratamiento hidrotérmico.

Estado de la técnica

En el estado de la técnica, la patente europea EP2373767B1 describe un proceso para la producción por lotes de pellets negros a partir de un material que contiene lignina.

Este proceso comprende las etapas de:

- (a) hacer pasar el material que contiene lignina con un contenido de humedad relativa del 0 al 20 % en peso por un reactor
- (b) calentar el material que contiene lignina hasta 180 - 235 °C inyectando vapor en el reactor
- (c) mantener el material en el reactor a la temperatura alcanzada durante 1 a 12 minutos para ablandar el material y liberar la lignina
- (d) reducir la presión en el reactor en al menos una etapa; y
- (e) formar el material procesado en pellets o briquetas.

El material que contiene lignina es un material lignocelulósico, un material que comprende madera, bambú, bagazo, paja o hierba, en forma de virutas de 25 mm de longitud. La última reducción de la presión del reactor se realiza de forma repentina mediante una explosión de vapor para que el material se desfibre.

Alternativamente, la patente estadounidense US2016/251611A1 describe un proceso para cultivar un organismo microbiano que comprende una etapa de tratamiento térmico de craqueo al vapor de una biomasa lignocelulósica inicial. El tratamiento térmico de craqueo al vapor comprende las siguientes etapas:

- (a) La biomasa inicial se somete a un pretratamiento hidrotérmico sometiendo el material celulósico a al menos una operación de remojo,
- (b) El material celulósico se transporta entonces a través de al menos un reactor a presión. A continuación, el material celulósico se calienta a una temperatura de entre 170 y 230 °C.

También se conocen en el estado de la técnica las patentes estadounidenses US2016/153010A1 y US2012/006320A1 que describen procesos de conversión de biomasa lignocelulósica en etanol y otros productos basados en un pretratamiento hidrotérmico constante seguido de hidrólisis enzimática, fermentación y recuperación de etanol. Los procesos describen una etapa de craqueo al vapor que comprende:

(a) poner en contacto la materia prima de biomasa lignocelulósica impregnada de ácido con H₂O a una temperatura de entre 140 y 230 °C y una presión de entre 517,11 kPa (75 psig) y aproximadamente 1723,69 kPa (250 psig) durante un período de 1 a aproximadamente 15 minutos en una zona de contacto para producir una materia prima tratada con vapor;

(b) someter la materia prima tratada con vapor a una zona de despresurización para producir una fracción volatilizada de la materia prima tratada con vapor durante un período de 2 a 30 minutos aproximadamente;

(c) finalmente liberar al menos una parte de la fracción volatilizada de la zona de despresurización para permitir el control de la temperatura y la presión en la zona de despresurización.

Desventajas de la técnica anterior

Las soluciones de la técnica anterior para producir pellets negros son prometedoras. Sin embargo, tienen limitaciones, en particular la cantidad de energía suministrada por volumen de pellet que, aunque es superior a la biomasa en forma de astillas o pellet blanco, sigue siendo entre un 30 y un 40 % inferior al carbón para el mismo volumen o peso.

Además, las soluciones de la técnica anterior proponen procesos por lotes con tratamiento secuencial de los volúmenes de biomasa, lo que limita los efectos inmediatos del control de las condiciones de craqueo al vapor.

Por último, las soluciones de la técnica anterior ofrecen diferentes aplicaciones para los procesos descritos, como un proceso de cultivo de un organismo microbiano o procesos de conversión de biomasa en etanol. No tienen ninguna aplicación para la producción de combustibles del tipo "pellets negros".

Solución aportada por la invención

Para remediar estas desventajas, la presente invención se refiere, en su sentido más general, a un procedimiento para la preparación en continuo de un material pulverulento que tiene un poder calorífico superior al poder calorífico de la biomasa inicial, que comprende una etapa de craqueo al vapor,

caracterizado porque la biomasa inicial está constituida por elementos de clase de granulometría entre P16 y P100, que tienen un contenido de humedad inferior al 27 %, y que se somete directamente a un tratamiento de craqueo al vapor. En una realización particular, la biomasa inicial está constituida por elementos de clase de granulometría entre P25 y P100.

Así, la invención se refiere a un procedimiento para la preparación en continuo de un material pulverulento que tiene un poder calorífico superior al poder calorífico de la biomasa inicial, que comprende una etapa de craqueo al vapor, caracterizado porque la biomasa inicial está constituida por elementos de clase de granulometría entre P16 y P100, que tienen un contenido de humedad inferior al 27 %, y que se somete directamente a un tratamiento de craqueo al vapor.

En una realización, el factor de gravedad de la etapa de craqueo al vapor es superior a 3.7 e inferior a 4.2.

En otra realización, el factor de gravedad de la etapa de craqueo al vapor se controla en función del contenido de carbono en una muestra de biomasa craqueada al vapor.

En otra realización, el factor de gravedad de la etapa de craqueo al vapor se controla en función del contenido de carbono en el gas de salida.

Preferentemente, el factor de gravedad de la etapa de craqueo al vapor se controla en función del contenido de carbono de una muestra de biomasa craqueada al vapor.

En un modo de implementación particular, la gravedad de la etapa de craqueo al vapor se controla mediante la señal generada por un sensor de pH.

En una realización, el pH se ajusta añadiendo cal, dióxido de carbono o formas disociadas de dióxido de carbono.

La invención también se refiere a la aplicación del proceso para preparar un material en pulverulento según la invención para la preparación de combustibles granulados.

La invención se refiere también a una unidad de craqueo a vapor para la implementación de este proceso.

Descripción detallada de un ejemplo no limitativo de la invención

La presente invención se entenderá mejor leyendo la siguiente descripción detallada de un ejemplo no limitativo de la invención, donde la figura única

representa una vista esquemática de una planta de producción continua según la invención.

Descripción de un ejemplo de instalación

La figura 1 es un ejemplo de una planta de craqueo al vapor 10, en particular para la fabricación de un material combustible según la invención a partir de biomasa picada para tener un tamaño de partícula entre P16 y P100. En una realización preferida, la biomasa tendrá un tamaño de partícula entre P20 y P100, o incluso entre P25 y P100.

La figura 2 es una tabla que muestra las características de las diferentes clases de granulometría según la naturaleza de los elementos que componen el material.

La planta de craqueo al vapor se alimenta con biomasa compuesta por elementos con una clase de tamaño de partícula entre P16 y P100, con un contenido de humedad inferior al 27 %.

La granulometría se define por el tamaño de las partículas de la fracción principal (P) y el tamaño de las partículas que definen la fracción gruesa (G). Se considera que las partículas menores de un milímetro pertenecen a la fracción fina. La fracción principal P debe representar al menos el 80 % en masa del combustible.

En función del tamaño y del porcentaje de los componentes de la fracción principal (P), de la fracción gruesa (G) y de la fracción fina, la granulometría de los componentes de la biomasa se define según clases de referencia. El Comité Europeo de Normalización (CEN/TS 14961) las predefine en la Especificación Técnica (CEN/TS), que sirve de documento normativo en los ámbitos en los que el estado actual de la técnica aún no es lo suficientemente estable para una norma europea.

La CEN/TS también especifica que el 80 % (en masa) del combustible debe pasar por un tamiz correspondiente a la clase de tamaño de las partículas y quedar retenido en el tamiz correspondiente a un tamaño de partículas de 3.15 mm.

La fracción gruesa G no deberá superar el 1 % en masa. La fracción fina no debe superar el 5 % en masa.

- P16 corresponde a una granulometría $3.15 \text{ mm} < P < 16 \text{ mm}$, y $G > 45 \text{ mm}$

- P25 corresponde a una granulometría con $3.15 \text{ mm} < P < 25 \text{ mm}$, y $G > 63 \text{ mm}$

- P100 corresponde a una granulometría con $3.15 \text{ mm} < P < 100 \text{ mm}$, y $G > 200 \text{ mm}$

La granulometría de una muestra de plaquetas se puede determinar utilizando un sistema de tamiz oscilante, un tamiz giratorio o un sistema de medición de imágenes.

La biomasa se tritura con herramientas afiladas (cuchillas trituradoras) y se somete directamente a un proceso de craqueo por vapor sin humedecerla ni someterla a ningún otro tratamiento.

El tratamiento térmico de la biomasa se realiza con vapor ligeramente saturado a una temperatura de entre $195 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y $215 \text{ }^{\circ}\text{C}$. El tiempo de procesamiento es de entre 5 y 30 minutos.

El Factor de Gravedad del tratamiento se define mediante la fórmula: $FS = \text{Log}_{10}(\text{tiempo}(\text{min}) * \exp((T^{\circ}\text{C} - 100)/14.75))$ Cuanto más alta es la temperatura y más largo el tiempo de tratamiento, más aumenta la gravedad y más transformación se observa en el producto.

El Poder Calorífico Inferior en seco aumentó en promedio 0.7 julios por gramo, con una variación de 0.25 a 2 julios por gramo en función de la gravedad del tratamiento térmico, a partir de 17 a 19 julios por gramo seco de madera inicial, es decir, entre un 2 y un 12 % de ganancia de LHV, alrededor de un 4 % de media.

Dependiendo de la gravedad del tratamiento térmico, las pérdidas de material oscilaron entre unos pocos % y un 24 %.

Cuanto mayor sea la gravedad, mayor será la pérdida y mayor la ganancia de Poder Calorífico Inferior. Durante el craqueo al vapor, se ataca principalmente a las hemicelulosas. Las principales sustancias volátiles solubles generadas son el furfural, el ácido acético y el ácido fórmico. Estas sustancias volátiles solubles se encuentran en el vapor que sale ("se evapora"). Dependiendo del tipo de gasolina probado, la naturaleza de los condensados varió. Así, para el roble, el furfural es más importante (hasta el 60 % de los COV) mientras que, para el pino, el ácido acético es la mayoría (hasta el 50 % de los COV).

Descripción de la instalación

La instalación (10) comprende un molino de martillos (11) que se alimenta de biomasa a través de un tornillo sin fin (12). Un separador elimina el material de gran tamaño antes de que las virutas entren en el molino (11). En el molino húmedo (11), la biomasa se muele hasta una granulometría de entre P25 y P100.

El silo (13) se llena con una pala cargadora que recoge la biomasa de las pilas formadas en las zonas de almacenamiento del suelo. La biomasa se descarga de la trituradora (11) en una cinta transportadora (14), equipada con una cinta de pesaje, que la transporta a la tolva de alimentación de un secador de aire caliente (15).

Un sensor de humedad controla continuamente el contenido de humedad de la biomasa. Los fragmentos de biomasa se extraen del silo (16) mediante un tornillo planetario y se depositan en una cinta transportadora que los traslada a un silo de alimentación (17) de un reactor que es capaz de procesar 15000 kg (15 toneladas) por hora de biomasa de forma continua.

El reactor (18) es un reactor de presión en el que se inyecta vapor sobrecalentado con una presión de 1800 kPa (18 bares) y una temperatura de 250 °C desde su parte inferior. Este reactor orientado verticalmente tiene forma cónica para evitar la formación de tapones. El flujo de vapor se extrae del reactor en la parte superior del mismo. A la salida del reactor, el vapor se devuelve a la caldera de CH en la que se produjo.

Obsérvese que en el reactor (18) la temperatura del vapor es de 203 °C y la presión es de 1670 kPa (16.7 bar). El silo (17) tiene forma de elipsoide truncado para facilitar el flujo de fragmentos de biomasa.

Además, un rascador giratorio en el silo (17) empuja los fragmentos de biomasa hacia un tornillo de extracción (19). Este tornillo cónico (19), cuya sección transversal se estrecha a medida que el tornillo entra en el reactor (18), toma continuamente una cantidad predeterminada de fragmentos de biomasa del silo (17), los precomprime y los empuja a través de un orificio de paso del tornillo hacia el reactor (18) a presión. Las dimensiones del orificio cónico y del tornillo se han seleccionado en relación con el fin de minimizar la pérdida de presión en el reactor y expulsar el aire contenido en los fragmentos de biomasa.

Cabe señalar que la fuerza de compresión ejercida por el tornillo sobre los fragmentos de biomasa permite, ventajosamente, expulsar parte del agua residual presente en los fragmentos de biomasa.

Al final del tornillo (19), los fragmentos de biomasa compactados forman un bloque compacto que es dispersado en el reactor por el flujo de vapor. Los

fragmentos de biomasa dispersos caen luego por gravedad en el reactor, siendo calentados por el flujo de vapor, y se depositan sobre los fragmentos que se han acumulado antes de ellos en el fondo del reactor, donde se calientan aún más por el flujo de vapor.

Cabe señalar que en el reactor (18) el tiempo de retención de los fragmentos de biomasa se controla en función del nivel de fragmentos de biomasa que se han acumulado en el fondo del reactor. En esta realización particular de la invención, se fija en 7 minutos, lo que corresponde a un factor de gravedad de 3.8. En el fondo del reactor (18), un rascador montado para pivotar sobre un eje vertical (no representado en la figura 1) empuja los fragmentos de biomasa hacia un tornillo sin fin (20) que permite extraer los fragmentos de biomasa del reactor (18).

Este tornillo de descarga (20) empuja los fragmentos de biomasa fuera del reactor hacia una válvula (21) de apertura controlada. La apertura de esta válvula se ajusta continuamente para controlar el flujo de los fragmentos de biomasa que salen del reactor. Bajo la presión del vapor en el reactor y / o el tornillo (20), los fragmentos de biomasa son expulsados continuamente a través de las aperturas de las válvulas (21) a muy alta velocidad hacia una línea de expansión (22) y son transportados por el flujo de vapor que sale del reactor con estos fragmentos de biomasa en la línea de expansión (22) hacia una unidad de separación (23).

Cabe señalar que la presión en la línea de expansión disminuye gradualmente hasta una presión de aproximadamente 110 kPa (1.1 bar) en el separador. Esto provoca una descompresión explosiva de los fragmentos de biomasa, debido a una re-vaporización de parte del agua de condensación presente en los fragmentos de biomasa. Esta súbita expansión del vapor de agua provoca la aparición de fuerzas de cizallamiento en los fragmentos de biomasa, lo que conduce a la ruptura mecánica de la estructura de la biomasa.

En la unidad de separación (23), la mezcla de fragmentos de biomasa y vapor entra tangencialmente en una paleta de rotación rápida. Bajo la fuerza centrífuga generada por esta paleta, los fragmentos de biomasa son arrojados a un conducto de descarga (24), mientras que el vapor es descargado del separador a través de una válvula.

En una realización alternativa de la invención, se puede utilizar un ciclón presurizado para separar los fragmentos de biomasa del vapor residual. Hay que tener en cuenta que el vapor agotado contiene materias volátiles que pueden quemarse ventajosamente en una caldera.

Los fragmentos de biomasa proyectados en un tubo de descarga (24) se descargan en un silo de almacenamiento (25), para ser transformados en

pellets de aproximadamente 7 mm de diámetro y 22 mm de longitud media en una prensa de pellets (26).

Ajuste de las condiciones de craqueo al vapor

El funcionamiento continuo del craqueador de vapor permite el control en tiempo real de las condiciones de funcionamiento, incluyendo

- El factor de gravedad
- El pH de la biomasa.

Para ello, se pueden medir las características químicas de los efluentes o las características químicas de las muestras solubilizadas de la biomasa craqueada al vapor.

Análisis en tiempo real de los efluentes

La medición en tiempo real de las características químicas del efluente permite evaluar las pérdidas de material de la biomasa craqueada al vapor, lo que se traduce en un aumento del contenido de carbono en el efluente. Esta información puede adquirirse en tiempo real mediante una sonda de infrarrojos colocada en la tubería de descarga de efluentes.

La señal proporcionada en tiempo real por la sonda es representativa de las variaciones del contenido de carbono en el efluente. Esta señal es utilizada por un ordenador para modificar los parámetros del craqueador de vapor, en particular la tasa de gravedad, según una función predeterminada por los objetivos buscados: por ejemplo, maximizar el LHV.

La sonda también puede utilizarse para analizar otros compuestos orgánicos, especialmente los oxigenados, y proporcionar información cartográfica sobre los compuestos orgánicos de los efluentes para controlar los parámetros del craqueador de vapor.

Análisis en tiempo real de una muestra de biomasa craqueada al vapor

La planta de craqueo al vapor puede incluir también un sistema de muestreo en tiempo real de la biomasa craqueada al vapor, con solubilización de esta muestra para recoger información sobre la composición química mediante una o varias sondas fisicoquímicas, por ejemplo, una medida del pH o una medida de la composición de los compuestos orgánicos.

Esta información es utilizada por un ordenador para optimizar automáticamente los parámetros de la instalación de craqueo de vapor en tiempo real.

Aplicación de la granulación

Para la producción de combustibles peletizados con un contenido de humedad inferior al 10 %, debe controlarse el contenido de humedad del producto final antes de la peletización.

Para ello, la biomasa inicial, antes del craqueo al vapor, tiene un bajo contenido de humedad, en particular inferior al 14 % y preferentemente inferior al 10 %.

Alternativamente, la biomasa inicial puede ser craqueada al vapor con un contenido de humedad superior al 14 %, pero inferior al 27 %. En este caso, se realiza una etapa de secado de la biomasa craqueada al vapor después de la planta de craqueo al vapor, antes o después de la granulación.

REIVINDICACIONES

1. Proceso para la preparación en continuo de un material pulverulento que tiene un poder calorífico incrementado, que comprende:

- una etapa de craqueo al vapor, en donde una biomasa se somete directamente a un tratamiento de craqueo al vapor a una temperatura entre 195 °C y 215 °C durante 5 a 30 minutos,

- un paso de granulación de la biomasa para la preparación de combustibles granulados,

en donde la biomasa está constituida por elementos con una clase de granulometría entre P16 y P100, con un contenido de humedad inferior al 27 %; y

en donde el factor de gravedad de la etapa de craqueo al vapor se controla en función del contenido de carbono en el gas de salida, siendo empleada dicha tasa de carbono por un ordenador para modificar la tasa de gravedad, de acuerdo con una función predeterminada para maximizar el poder calorífico inferior (LHV) realizado en tiempo real.

2. El proceso para la preparación continua de un material pulverulento según la reivindicación 1, caracterizado porque el factor de gravedad de la etapa de craqueo al vapor es superior a 3,7 e inferior a 4,2.



**Superintendencia de
Industria y Comercio**

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT: 800.176.089-2

COMPROBANTE DE RECAUDO SISTEMA SIPI

Radicado: NC2021/0014874

Recibo: 25-167681

Fecha: 22/07/2025

CAROLINA MERCEDES DAZA MONTALVO

CC: 66.783.790

Pago PSE No: 1138977

CUS: 1646967625

Patente PCT

CONTROL DEL CRAQUEO AL VAPOR PARA MEJORAR EL PCI DE LOS PELLETS NEGROS

Detalle del pago

Id.	Rentístico	Concepto y Servicio	Cant.	Val. Unit.	Subtotal
1	50005-01-03	Modificaciones / Correcciones al registro Patente PCT (DESCUENTO INTERNET)	1	\$ 225,000	\$ 225,000
TOTAL					\$ 225,000