

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 978 574**

51 Int. Cl.:

C10B 53/02 (2006.01)

C10B 7/10 (2006.01)

C10B 47/44 (2006.01)

C10B 49/04 (2006.01)

C10L 5/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.04.2020 PCT/FI2020/050226**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.10.2020 WO20208301**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.04.2020 E 20786772 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2024 EP 3953435**

54 Título: **Método y aparato para la fabricación de biocarbón con tratamiento térmico**

30 Prioridad:

08.04.2019 FI 20195284

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

16.09.2024

73 Titular/es:

CARBOFEX OY (100.0%)

Kaarnakatu 1

37150 Nokia, FI

72 Inventor/es:

TUKIAINEN, SAMPO

74 Agente/Representante:

ESPIELL GÓMEZ, Ignacio

ES 2 978 574 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

Método y aparato para la fabricación de biocarbón con tratamiento térmico

5 La presente invención se refiere a un método y un aparato según se establece en los preámbulos de las reivindicaciones independientes dirigidos a los mismo para la fabricación, con tratamiento térmico, de biocarbón que es funcional como un llamado sumidero de carbono.

10 El uso de un aparato del tipo Convertidor Thompson tradicional está basado en el suministro de una materia prima a procesar a uno o más transportadores de tornillo presentes en un espacio de proceso incluido en el aparato, siendo la materia prima a procesar transportada por dicho/s transportador/es en una dirección longitudinal del espacio del proceso mientras está siendo calentada indirectamente al mismo tiempo. La materia prima dentro de los transportadores, carbonizada por el calor transferido desde éstos a la materia prima a procesar, es descargada desde un segundo extremo de los transportadores sobre un transportador de recolección el cual saca la materia prima carbonizada del espacio del proceso. En una solución de este tipo, el gas de pirólisis generado dentro de los transportadores de tornillo migra tradicionalmente en una dirección de desplazamiento de y junto con la materia prima a procesar desde un extremo de descarga de los transportadores de tornillo hasta una cámara de recolección y desde allí a lo largo de un conducto de conexión hasta un horno de combustión debajo del espacio del transportador de tornillo para quemarlo. El gas de escape es descargado del horno de combustión al espacio del transportador de tornillo, en donde el calor contenido en el gas de escape es suministrado mediante transferencia térmica convectiva a los transportadores de tornillo antes de extraerlo del espacio del proceso por medio de una unidad de descarga.

15 La activación del tipo de aparato mencionado requiere que el horno de combustión sea calentado en su totalidad, por ejemplo, con un combustible sólido que puede combustionar en su interior, a una temperatura suficientemente alta antes de iniciar el proceso real de carbonización para permitir que el gas de pirólisis se queme y luego el proceso funcione de manera autónoma. Por lo tanto, la solución mencionada es laboriosa y lenta, especialmente en términos de arranque inicial.

20 Las soluciones del tipo anterior también están disponibles en la actualidad en implementaciones en las que el horno de combustión está dotado, por ejemplo, de un quemador de queroseno para mantener una llama auxiliar, consistiendo en una implementación adicional en que el gas de pirólisis, transportado en una dirección opuesta a la dirección de desplazamiento del arreglo de transportador de tornillo, sea conducido hacia un horno de combustión para quemarlo con la llama del quemador antes mencionada.

25 El inconveniente más notable en los conjuntos de equipos del tipo anterior en la actualidad es su modesta "eficiencia volumétrica [W/m^3]" como resultado de la transferencia térmica indirecta o convectiva aplicada en el calentamiento de los transportadores de tornillo. En primer lugar, esto prolonga considerablemente el tiempo de arranque en frío del aparato antes de que pueda comenzar el proceso continuo de carbonización real. Por otro lado, un inconveniente esencial es que el precalentamiento de un espacio de horno requiere el uso de un combustible sólido durante un período de tiempo bastante largo o bien el uso de una llama auxiliar continua, producida con un combustible distinto para permitir que el gas de pirólisis se queme. Por lo tanto, la tecnología actual no es capaz de proporcionar un proceso de separación de carbono que pueda ser implementado con costos de inversión y operativos razonables.

30 Por ejemplo, la solicitud de patente internacional WO 2011/004073 describe un método para separar carbono mediante tratamiento térmico, en cuyo método la materia a procesar se lleva a cabo mediante un dispositivo de alimentación a un dispositivo de transportador conectado a un espacio de proceso que es sustancialmente del tipo Convertidor Thompson. La materia a procesar se hace mover en el espacio del proceso en dirección longitudinal por medio de un dispositivo de transportador cerrado en relación con el espacio, de manera que el gas de pirólisis formado por transferencia térmica desde el espacio de proceso hasta la materia a procesar contenida en el sistema transportador es transportado dentro del sistema transportador en una dirección opuesta a la dirección de transporte y fuera del sistema transportador para quemarlo en un espacio de combustión proporcionado en el espacio del proceso. El gas de escape formado es descargado del espacio del proceso por medio de un dispositivo de descarga y la materia tratada térmicamente es descargado por medio de elementos de descarga del dispositivo de transportador para su posterior procesado. En este sentido, en primer lugar que todo el gas de pirólisis es quemado mediante un dispositivo quemador de gas continuo y, en segundo lugar, la transferencia térmica del sistema transportador en el espacio del proceso es llevado a cabo sustancialmente mediante radiación directa de la llama del dispositivo de quemador de gas y de las paredes del espacio de combustión.

35 Sin embargo, incluso esta solución no permite la producción de biocarbón de tal manera que los compuestos de PAH contenidos en él estén a un nivel suficientemente bajo.

40 La publicación GB 2 144 836 describe un aparato y un procedimiento para la reacción de pirólisis en donde es calentado material de desecho carbonizable en una cámara de reacción en ausencia de oxígeno para descomponer el material mediante pirólisis y producir residuo carbonizado gaseoso, líquido y sólido de hidrocarburos. En el aparato y proceso de D1, se alimenta material carbonizable a través de un conducto de entrada a la región de entrada de una cámara de reacción calentada por un quemador. La temperatura del material alimentado es mantenida preferiblemente por debajo de su punto de fusión dentro del conducto de entrada antes de ingresar a la cámara de reacción y vaporizarse, para evitar obstrucciones en el conducto de entrada. Para lograr esto, la publicación describe un revestimiento de enfriamiento dispuesto alrededor del extremo inferior del conducto de entrada con agua u otro fluido de enfriamiento alimentado a través del revestimiento para enfriar el conducto de entrada y mantener el material

alimentado (14) por debajo de su punto de fusión. Sin embargo, la publicación no describe la inyección de agua en la cámara de reacción en sí, sino solo el enfriamiento externo y la pulverización de agua para condensar el gas de pirólisis después de salir de la cámara de reacción.

5 Por otro lado, la publicación WO 2014/152291 A1 describe la inyección de una corriente de solución de agua/CO₂ durante la pirólisis de biomasa para producir biocarbón con compuestos de PAH reducidos. La publicación describe que la inyección es ya sea de una corriente de CO₂ o CO₂ y agua para purgar de manera efectiva los materiales de biocarbón en el reactor de pirólisis para una limpieza y carboxilación mejoradas del biocarbón. Sin embargo, la publicación no proporciona los detalles técnicos del proceso ni del aparato con respecto a la ubicación de la inyección
10 de agua en relación con el proceso de pirólisis.

Es un objetivo del presente método y aparato de acuerdo con la invención proporcionar una mejora decisiva con respecto a los problemas antes mencionados y, por lo tanto, elevar sustancialmente el estado de la técnica disponible. Con el fin de lograr este objetivo, el método y el aparato de la invención se caracterizan principalmente por lo que se
15 ha indicado en las cláusulas de caracterización de las reivindicaciones independientes dirigidas a los mismos.

Se deben destacar los beneficios más importantes obtenidos por el método y el aparato de la invención, que incluyen la simplicidad y eficacia de su principio de funcionamiento, el equipo adecuado para su implementación y su uso. En virtud de la invención, es posible producir biocarbón que contenga una cantidad muy pequeña de compuestos de PAH,
20 en el mejor de los casos ninguno, lo cual puede ser logrado mediante el tratamiento térmico de una materia prima a procesar dentro de un sistema transportador mediante la utilización de vapor de agua generado a partir del agua suministrada al sistema transportador. La invención es implementable de manera técnicamente extremadamente simple y eficiente mediante el uso, en primer lugar, de un dispositivo de transportador de funcionamiento continuo, provisto de un elemento de suministro y descarga que es sustancialmente hermético con respecto al entorno. Es de
25 esta manera que se puede evitar el suministro de oxígeno al gas de pirólisis dentro del dispositivo transportador, de manera que dicho gas, a medida que se desplaza hacia un extremo del suministro del dispositivo de transportador en un principio de contracorriente con respecto a la materia prima a procesar que se desplaza en el interior del mismo en una dirección longitudinal, se enfríe de manera efectiva a medida que el calor se transfiere a la materia prima a procesar que se mueve en dirección opuesta, lo que permite por tanto que el gas de pirólisis sea conducido a una
30 temperatura ideal hacia el quemador de gas para su combustión.

La utilización de una cámara de combustión de volumen suficientemente grande en el espacio de proceso permite, en primer lugar, la combustión de los gases de escape con un tiempo de permanencia de dos segundos a una temperatura superior a 850 °C, como lo requiere el derivado de incineración de residuos de la UE. Además, las condiciones que
35 existen actualmente en la sección trasera de la cámara de combustión son favorables para una reacción SNCR (Reducción Selectiva No Catalítica) de nitrógeno, es decir, una temperatura de 800-1100 °C y una atmósfera oxidante.

El aparato construido con un método de la invención presenta una eficiencia volumétrica óptima, ya que la transferencia térmica a un dispositivo de transportador tiene lugar en el espacio de proceso desde la llama de un quemador/quemadores de gas con calor de radiación directa (la transferencia térmica por radiación es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura), lo cual acelera en primer lugar el arranque de un proceso de producción de biocarbón, ya que las temperaturas superficiales del dispositivo de transportador aumentan considerablemente más rápidamente con la radiación directa de una llama de gas que con la transferencia térmica convectiva. Por lo tanto, en virtud de la invención, es posible ensamblar un aparato que es considerablemente más pequeño y compacto que sus
40 contrapartes actualmente disponibles, y cuyos costos de inversión, servicio y mantenimiento son naturalmente mucho más asequibles que los de las soluciones tradicionales.

Otras modalidades preferidas para un método y un aparato de la invención son presentados en las reivindicaciones dependientes dirigidas a los mismos.
50

En la descripción que sigue, se revisará en detalle la invención con referencia al dibujo adjunto, que representa un principio de funcionamiento general para el aparato que funciona con un método de la invención.

La invención se refiere, en primer lugar, a un método para fabricar, con tratamiento térmico, biocarbón que funcione como sumidero de carbono, comprendiendo dicho método introducir una materia prima a procesar x con elementos de suministro 1a en el interior de un dispositivo de transportador 3, el cual está presente en un espacio del proceso 2 de tipo Convertidor Thompson y cerrado con respecto al mismo, para mover la materia prima a procesar x en el espacio del proceso 2 en una dirección longitudinal s del espacio del proceso, de manera que un gas de pirólisis y, generado a partir de la materia prima a procesar x presente en el dispositivo de transportador 3 como resultado de la transferencia
55 térmica a la misma desde el espacio del proceso, sea conducido lejos del dispositivo de transportador para quemarlo en una cámara de combustión 4 del espacio de proceso. Un gas de escape resultante y' es extraído del espacio del proceso por medio de un dispositivo de descarga 5 y un biocarbón producido x' es extraído del dispositivo de transportador con elementos de descarga 1b para su posterior procesamiento. Haciendo referencia particularmente al diagrama de flujo del proceso ilustrativo adjunto, el gas de pirólisis y es quemado con un dispositivo de quemador de gas con la máxima preferencia en funcionamiento continuo 7 y la transferencia térmica para el dispositivo de transportador 3 en el espacio del proceso 2 es realizada con radiación sustancialmente directa desde una llama del dispositivo de quemador de gas 7 y desde las paredes de la cámara de combustión 4. Además, el gas de pirólisis y es conducido dentro del dispositivo de transportador 3 a contracorriente con respecto a la dirección longitudinal s del espacio de proceso hacia un extremo de suministro l del dispositivo de transportador para transferir el calor presente
60 en el gas de pirólisis a la materia prima a procesar x que se mueve en la dirección longitudinal s del espacio de proceso,

5 y para suministrar el gas de pirólisis enfriado al dispositivo de quemador de gas 7. La cantidad de compuestos de PAH contenidos en el biocarbón a producir x' es reducido/eliminado por medio de vapor de agua z' al suministrar agua z al interior del dispositivo de transportador 3, el agua z se conduce al interior del arreglo de transportador 3 desde su extremo de descarga II para transportar el flujo de vapor z', conjuntamente con el gas de pirólisis y, a contracorriente con respecto a la dirección longitudinal s del espacio del proceso hacia el extremo de suministro I del dispositivo de transportador.

10 Con referencia al diagrama de flujo de proceso adjunto, es además particularmente importante en la aplicación de un método de la invención que la extracción del gas de pirólisis y' tenga lugar en la dirección longitudinal s del espacio de proceso 2 antes de suministrar 1a la materia prima a procesar x. Realizar las operaciones antes mencionadas en un orden incorrecto socava sustancialmente la capacidad de uso del proceso, de manera que, por ejemplo, los tubos involucrados en las operaciones antes mencionadas son obstruidos fácilmente y, al ejecutar el proceso a alta capacidad, la masa puede elevarse hacia el tubo de gas. Además, es particularmente importante para el correcto funcionamiento del método de la invención que el nivel de superficie de una materia prima a procesar dentro del dispositivo transportador sea controlado cuidadosamente, lo cual es absolutamente necesario especialmente desde el punto de vista de control de la presión y la acumulación de alquitrán. Otro aspecto de gran importancia es el control del gas de pirólisis en términos de temperatura y humedad, ya que, sin suministro de agua, los tubos de gas se obstruirán rápidamente en la práctica siempre que la materia prima a procesar esté seca. La humectación de la materia prima a procesar es en la práctica una operación difícil, lo que da por resultado una pérdida de capacidad productiva del proceso, lo cual es evitado al suministrar una neblina de agua z, de acuerdo con el diagrama de flujo del proceso adjunto, al gas de pirólisis y' para el control de su humedad y temperatura.

25 Es mediante la conducción de un flujo de vapor z', conjuntamente con el gas de pirólisis y, a contracorriente con respecto a la dirección longitudinal s del espacio de proceso hacia el extremo de suministro I del dispositivo de transportador, que se proporciona un proceso lo más eficaz posible entre el vapor de agua y la materia prima a procesar, con lo cual, en otra modalidad preferida del método, el biocarbón a producir x' es craqueado y enfriado por la acción del vapor de agua antes de su extracción del dispositivo de transportador 3.

30 En una modalidad preferida adicional para un método de la invención, la materia prima a procesar x es tratada en el espacio de proceso 2 con el dispositivo de transportador 3, el cual está a una presión superior con respecto al mismo y provisto de los elementos de suministro y descarga 1a, 1b que son sustancialmente herméticos con respecto al entorno, esto se implementándose esta preferiblemente mediante el uso de uno o más transportadores de tornillo 3a accionados por motor eléctrico y ajustables continuamente, tales como transportadores de velocidad variable, o similares.

35 Al suministrar la materia prima a procesar al dispositivo de transportador 3, es posible utilizar, por ejemplo, el método y el sistema de suministro de acuerdo con la patente finlandesa núm. 119125, especialmente para implementar en primer lugar que el suministro de la materia prima a procesar se produzca de una manera continua y, por otro lado, de tal modo que los gases del proceso no puedan escapar de manera descontrolada del interior del dispositivo de transportador o del espacio del proceso hacia el entorno.

40 En aun otra modalidad preferida, el dispositivo de transportador 3 es calentado de manera más efectiva inmediatamente después de su introducción en el espacio del proceso 2 con uno o más quemadores de gas 7; 7a montados en una pared de entrada 2a del espacio de proceso en una relación codireccional con el dispositivo de transportador.

45 En una modalidad preferida adicional, la capacidad de transporte de un dispositivo de transportador 3, tal como uno o más transportadores de tornillo 3a, puede cambiarse en la dirección longitudinal s del espacio de proceso, especialmente para reducir el espesor de capa de la materia prima a procesar x desde el extremo de suministro I del dispositivo de transportador 3 hacia su extremo de descarga II. Por lo tanto, el dispositivo de transportador 3 se puede implementar preferiblemente, por ejemplo, con un transportador de tornillo 3a provisto en su extremo aguas arriba de una menor inclinación y en su extremo aguas abajo con una mayor inclinación.

50 También es posible implementar el suministro de aire para un arreglo de quemador de gas 7, tal como para uno o más quemadores de gas 7a paralelos, con un ventilador de aire de combustión distinto. Por otro lado, también es posible, en relación con el quemador de gas 7a, hacer uso preferiblemente, por ejemplo, de un ventilador eyector para succionar el gas de pirólisis y por medio de una boquilla eyectora hacia el quemador de gas.

55 En otra modalidad preferida adicional, también es posible con un método de la invención procesar materias primas x, w mutuamente diferentes mediante su introducción, como se indica, por ejemplo, en el diagrama de flujo del proceso adjunto, en el dispositivo de transportador mediante elementos de suministro 1a distintos, las materias primas suministradas por los mismos se mezclan entre sí mientras son empujadas por el transportador de tornillo 3a hacia el espacio del proceso. En este contexto, también es posible proceder de manera natural de tal manera que varias materias primas sean mezcladas entre sí en un espacio de mezcla distinto y suministradas con un único elemento de suministro en el dispositivo transportador 3.

60 En aun modalidad preferida, se lleva a cabo en el espacio del proceso una reducción de nitrógeno, llevada a cabo por ejemplo con un método llamado SNCR (Reducción Selectiva No Catalítica), mediante el uso de un dispositivo de boquilla 1s adicional para suministrar a la cámara de combustión 4 un medio que contiene amoníaco, tal como una pulverización de urea, una solución acuosa de amoníaco o similar. Al colocar el dispositivo de boquilla antes

mencionado en un punto que marca el final de una zona de combustión de gas por llama, el medio pulverizado por medio del dispositivo de boquilla es evaporado, de manera que el amoníaco resultante es mezclado y tenga tiempo suficiente para actuar sobre los gases de escape el tiempo necesario para una reacción de nitrógeno significativa. Además, en un método de la invención, se garantiza adicionalmente, preferiblemente por ejemplo con un sensor lambda, que se suministre permanentemente aire en exceso a la combustión.

En otra modalidad preferida de la invención, el suministro de aditivos al biocarbón a producir x' se implementa mediante la mezcla con el agua z que se suministrará al dispositivo transportador 3.

Por otro lado, la invención también se refiere a un aparato para implementar el método antes mencionado, incluyendo el aparato:

- elementos de suministro 1a para introducir una materia prima a procesar x en el interior de un dispositivo de transportador 3 presente en y cerrado con respecto a un espacio del proceso 2 de tipo Convertidor Thompson para mover la materia prima a procesar x en el espacio del proceso 2 en una dirección longitudinal s del espacio del proceso,
- un arreglo de flujo 8 para conducir un gas de pirólisis y, generado a partir de la materia prima a procesar x presente en el dispositivo de transporte 3 como resultado de la transferencia térmica a la misma desde el espacio de proceso, lejos del dispositivo de transporte para quemarlo en una cámara de combustión 4 del espacio del proceso,
- un dispositivo de descarga 5 para extraer un gas combustible resultante y' del espacio del proceso,
- elementos de descarga 1b para la extracción de un biocarbón producido x' del dispositivo de transportador para su posterior procesamiento, y
- un dispositivo de quemador de gas con la máxima preferencia en funcionamiento continuo 7 para quemar el gas de pirólisis y,

en donde la transferencia térmica para el dispositivo de transportador 3 en el espacio de proceso 2 está adaptada para que se produzca con radiación sustancialmente directa desde una llama del dispositivo de quemador de gas 7 y desde las paredes de la cámara de combustión 4. Además, el flujo del gas de pirólisis y dentro del dispositivo de transportador 3 tiene lugar a contracorriente hacia un extremo de suministro l del dispositivo de transportador para transferir el calor presente en el gas de pirólisis a la materia prima a procesar x que se mueve en una dirección opuesta s y para suministrar el gas de pirólisis enfriado y al dispositivo de quemador de gas 7. El aparato incluye además un dispositivo de suministro 1c para conducir agua z al interior del arreglo de transportador 3, con el fin de reducir/eliminar por medio de vapor de agua z' la cantidad de compuestos de PAH contenidos en el biocarbón a producir x', estando adaptado el dispositivo de suministro 1c para conducir el agua al interior del dispositivo de transportador 3, esencialmente hasta un extremo de descarga ll del dispositivo de transportador para transportar un flujo de vapor z', conjuntamente con el gas de pirólisis y, en la dirección longitudinal s del espacio de proceso hacia el extremo de suministro l del dispositivo de transportador.

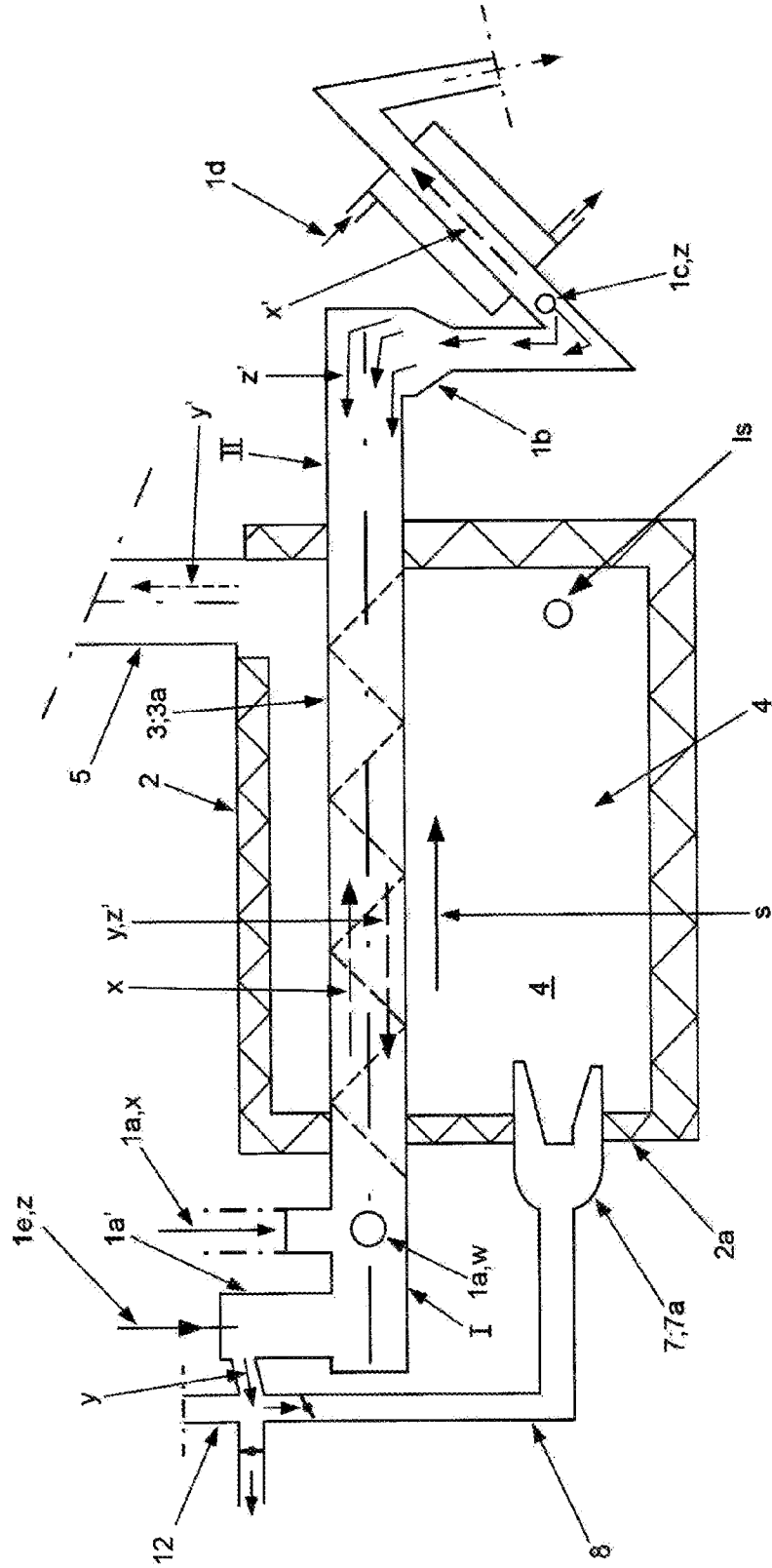
Haciendo referencia al diagrama de flujo de proceso adjunto, es en una modalidad preferida de la invención que se dispone un tubo de descarga 1a' para el gas de pirólisis en una dirección longitudinal aguas arriba del dispositivo de suministro de materia prima a procesar 1a. En el diagrama de flujo de proceso adjunto, se presenta además un dispositivo de suministro 1e para suministrar una neblina de agua al gas de pirólisis y' para ajustar su humedad y temperatura. Además, el aparato incluye preferiblemente un dispositivo de enfriamiento 1d para enfriar el biocarbón producido x' con una circulación de agua/vapor de agua implementada preferiblemente según el principio de contracorriente. En una modalidad preferida adicional del aparato, éste comprende un dispositivo transportador 3, el cual está alojado en el espacio del proceso 2, se encuentra a una presión superior con respecto al mismo, y está dotado de los elementos de suministro y descarga 1a, 1b sustancialmente herméticos con respecto al entorno, habiéndose descrito anteriormente los beneficios asociados con esto.

Es evidente que la invención no se limita a las modalidades presentadas o descritas anteriormente, sino que puede variarse dentro del concepto básico de la invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas, para cumplir con los usos y aplicaciones previstos. En consecuencia, en primer lugar, es evidente que, con respecto al proceso de combustión, el método puede realizarse mediante el uso de tecnología de control convencional y automatización per se, por ejemplo, con analizadores de oxígeno y sensores de temperatura necesarios en la combustión del gas de pirólisis y/o mediante el uso de, por ejemplo, un quemador de precalentamiento. Respectivamente, para el procesamiento de la materia prima a procesar, es posible proporcionar al dispositivo de transportador de tornillo los arreglos de monitoreo necesarios para permitir una carbonización óptima y una temperatura final, por ejemplo, mediante la regulación continua del funcionamiento del dispositivo transportador de tornillo. Es naturalmente posible que el aparato que aplica un método de la invención esté preferiblemente provisto adicionalmente, por ejemplo, de analizadores ópticos de monitoreo de llama y por ejemplo, con un "tubo de antorcha" 12 de acuerdo con las figuras, lo cual está conectado al dispositivo transportador y por medio del cual el gas de pirólisis puede liberarse, si es necesario, mediante combustión con un quemador distinto, por lo tanto el tubo de antorcha funciona como una válvula de escape que permite un apagado de emergencia rápido del aparato.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para fabricar, con tratamiento térmico, biocarbón que funcione como sumidero de carbono, comprendiendo dicho método suministrar una materia prima a procesar (x) con elementos de suministro (1a) al interior de un dispositivo de transportador (3), estando el dispositivo de transportador en un espacio de proceso (2) de tipo Convertidor Thompson, estando dicho transportador (3) encerrado con respecto al espacio de proceso (2), para mover la materia prima procesada (x) en el dispositivo transportador (3) a través del espacio de proceso (2) en una dirección longitudinal (s) del espacio de proceso, de tal manera que un gas de pirólisis (y), generado a partir de la materia prima (x) que es procesado en el dispositivo transportador (3) como resultado de la transferencia térmica a la misma desde el espacio de proceso (2), es conducido lejos del dispositivo transportador para quemar el gas de pirólisis (y) con un dispositivo quemador de gas de funcionamiento continuo (7) en una cámara de combustión (4) del espacio de proceso (2), en donde la transferencia térmica para el dispositivo transportador (3) en el espacio de proceso (2) es realizado con radiación desde una llama del dispositivo quemador de gas (7) y desde las paredes de la cámara de combustión (4) y de manera que un gas de escape resultante (y') es extraído de la cámara de combustión (4) del espacio de proceso (2) por medio de un dispositivo de descarga (5) y un biocarbón producido (x') es extraído del dispositivo de transportador (3) con elementos de descarga (1b) para su posterior procesamiento, y de manera que el gas de pirólisis (y) es conducida dentro del dispositivo transportador (3) a contracorriente con respecto a la dirección longitudinal (s) del espacio de proceso hacia un extremo de suministro (l) del dispositivo transportador (3) para transferir el calor presente en el gas de pirólisis a la materia prima a procesar (x) que se mueve en la dirección longitudinal (s) del espacio de proceso y para suministrar el gas de pirólisis enfriado (y) al dispositivo quemador de gas (7), **caracterizado porque** es suministrada agua (z) al interior del dispositivo transportador (3) desde su extremo de descarga (ll) para generar vapor de agua (z') en su interior, siendo transportado el flujo de vapor (z') conjuntamente con el gas de pirólisis (y) a contracorriente con respecto a la dirección longitudinal (s) del espacio de proceso hacia el extremo de suministro (l) del dispositivo transportador para reducir la cantidad de compuestos de PAH en el biocarbón procesado (x').
- 30 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el gas de pirólisis (y') a producir es extraído en la dirección longitudinal (s) del espacio de proceso (2) antes de suministrar (1a) la materia prima a procesar (x).
- 35 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** el biocarbón producido (x') es craqueado y enfriado mediante la acción de vapor de agua antes de su extracción del dispositivo de transportador (3).
- 40 4. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1-3, **caracterizado porque** la materia prima a procesar (x) es tratado en el espacio de proceso (2) con el dispositivo transportador (3), el cual se encuentra a una presión superior con respecto al mismo y está provisto de los elementos de suministro y descarga (1a, 1b) que son sustancialmente herméticos con respecto al entorno.
- 45 5. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1-4, **caracterizado porque** el suministro de aditivos al biocarbón a producir (x') es implementado mediante la mezcla con el agua (z) que es suministrada al dispositivo transportador (3).
6. Un aparato para fabricar biocarbón con tratamiento térmico, incluyendo dicho aparato:
- elementos de suministro (1a) para suministrar una materia prima a procesar (x) al interior de un dispositivo transportador (3) presente en un espacio de proceso (2), siendo dicho espacio de proceso del tipo Convertidor Thompson, estando dicho dispositivo transportador (3) encerrado con respecto al espacio de proceso (2) para mover la materia prima a procesar (x) en el dispositivo transportador (3) a través del espacio de proceso (2) en una dirección longitudinal (s) del espacio de proceso,
 - un dispositivo de flujo (8) para conducir un gas de pirólisis (y), generado a partir de la materia prima procesada (x) en el dispositivo transportador (3) como resultado de la transferencia térmica desde el espacio de proceso (2), lejos del dispositivo transportador (3) para quemarlo en una cámara de combustión (4) del espacio de proceso,
 - un dispositivo de descarga (5) para extraer un gas de escape resultante (y') de la cámara de combustión (4) del espacio de proceso (2),
 - elementos de descarga (1b) para la extracción de un biocarbón producido (x') del dispositivo transportador (3) para su posterior procesamiento, y
 - un dispositivo quemador de gas de funcionamiento continuo (7) para quemar el gas de pirólisis (y),
- de manera que la transferencia térmica para el dispositivo transportador (3) en el espacio de proceso (2) está adaptada para que se produzca con radiación desde una llama del dispositivo quemador de gas (7) y desde las paredes de la cámara de combustión (4), y de manera que el gas de pirólisis (y) sea conducida dentro del dispositivo transportador (3) a contracorriente hacia un extremo de suministro (l) del dispositivo transportador (3) para transferir el calor presente en el gas de pirólisis (y) a la materia prima a procesar (x) que se mueve en dirección opuesta (s) y para suministrar el gas de pirólisis enfriado (y) al dispositivo de quemador de gas (7), **caracterizado porque** el aparato incluye un arreglo de suministro (1c) para conducir agua (z) al interior del

- 5 dispositivo transportador (3) para generar vapor de agua (z'), estando dicho dispositivo de suministro (1c) adaptado para conducir el agua (z) esencialmente a un extremo de descarga (II) del dispositivo transportador (3) para generar vapor de agua en su interior y transportar el flujo de vapor (z') conjuntamente con el gas de pirólisis (y), a contracorriente con respecto a la dirección longitudinal (s) del espacio de proceso hacia el extremo de suministro (I) del dispositivo transportador para reducir la cantidad de compuestos de PAH contenidos en el biocarbón producido (x').
- 10 7. El aparato de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** el dispositivo de suministro (1c) está adaptado para descargar el gas de pirólisis a producir (y') en la dirección longitudinal (s) del espacio de proceso (2) antes de suministrar (1a) la materia prima a procesar (x).
- 15 8. El aparato de acuerdo con la reivindicación 6 ó 7, **caracterizado porque** comprende un dispositivo transportador (3), que está alojado en el espacio de proceso (2), encontrándose a una presión superior con respecto al mismo, y estando provisto de los elementos de suministro y descarga (1a, 1b) sustancialmente herméticos con respecto al entorno.



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

Este listado de referencias citadas por el solicitante tiene como único fin la conveniencia del lector. No forma parte del documento de la Patente Europea. Aunque se ha puesto gran cuidado en la compilación de las referencias, no pueden excluirse errores u omisiones y la EPO rechaza cualquier responsabilidad en este sentido.

Documentos de patentes citados en la descripción

- WO 2011004073 A [0006]
- GB 2144836 A [0008]
- WO 2014152291 A1 [0009]