

Clarke, Mo

COLOM

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 08-079063- -00006-0000

Fecha: 2012-08-14 14:36:42
Tra. 11 PATENTEIYII
Act. 523 RESPUESTA

Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Eve: 378 FASENACIONALI
Folios: 40

P-1336

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

E.

S.

D.

Re: Expediente No. 08.079.063

Solicitud de patente a nombre de **STICHTING
ENERGIEONDERZOEK CENTRUM NEDERLAND.**

Yo, DILIA MARIA RODRIGUEZ D'ALEMAN, identificada como aparece al pie de mi firma, domiciliada en la carrera 11 A No. 86-53, piso 6, obrando como apoderada de la sociedad **STICHTING ENERGIEONDERZOEK CENTRUM NEDERLAND**, domiciliada en Petten Holanda, solicitante de la patente de la referencia, en respuesta al oficio No. 07719 notificado por fijación en lista el 16 de mayo de 2012, nos permitimos informar lo siguiente:

1. 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, presentamos junto con este memorial nuevo pliego reivindicatorio donde se realizaron las siguientes modificaciones:

- Se corrigieron los errores de digitación en cuanto al “reactor de refacción” y a la palabra “cavo”.
- Se suprimieron los términos “relativamente” y “por lo menos” en las reivindicaciones 4, 7 y 9.
- Se suprimieron aquellas frases consideradas por el señor examinador como resultados a alcanzar dentro de las reivindicaciones 1, 4 y 9.
- Se revisó la memoria descriptiva y se reemplazaron los términos “en co-corriente con” por “en paralelo con”

Sobre este particular, nos permitimos decir que las anteriores modificaciones no involucran ampliación alguna de la materia objeto originalmente reclamada

en la presente invención y se proporcionan con el ánimo de superar las objeciones planteadas por el señor examinador.

2. NIVEL INVENTIVO

El señor examinador indicó que los documentos D1 y D2 se consideran el estado de la técnica más cercano a la invención para afectar el nivel inventivo de la misma.

Sobre este particular, nos permitimos manifestar que el Documento D2 (US 4,787,917) divulga un método y una cámara de reacción para producir madera tostada. La torrefacción se lleva a cabo a una temperatura entre 250°C y 280°C (V en la Fig. 1), después de secar la madera (IV en la Fig. 1). Este documento enseña al versado en el arte que tanto el secado como la torrefacción tienen lugar en el reactor (vertical) 101. Tanto el secado y la torrefacción se llevan a cabo en el mismo espacio, por tener gases calientes que circulan a través de la mezcla de la madera y el material verde, como se indica por el término "modo de circulación de los gases en co-corriente".

En este sentido, es importante señalar que la anterioridad D2 no divulga la característica de que *"el material con la humedad residual contenida en él esencialmente se seca por completo en una cámara de secado (54) por evaporación de la humedad residual, y la torrefacción del material seco se lleva a cabo esencialmente en una cámara de tostado (55) del reactor de torrefacción (10), y el material es transportado a través del reactor de torrefacción (10) en una dirección de transporte (B), y el secado del material en la cámara de secado (54) se lleva a cabo mediante la introducción en ella un gas de secado caliente que fluye a través de la cámara de secado (54) en co-corriente con el material, y la torrefacción del material en la cámara de tostado (55) del reactor de torrefacción se lleva a cabo introduciendo en ella un gas caliente de tostado que fluye a través de la cámara de tostado (55) del reactor de torrefacción (10) en contra-corriente con el material"*.

El efecto técnico de esta característica es que el proceso de torrefacción se lleva a cabo mucho más eficientemente. Por lo tanto el problema a resolver por la presente invención puede considerarse como el mejoramiento del funcionamiento de una cámara de torrefacción en general.

La reivindicación independiente 1 de la presente solicitud se refiere a un proceso en el que el material, tal como biomasa o residuos, esencialmente se secan por completo en una cámara de secado, después de lo cual el material seco se tuesta en la cámara de tostado.

El secado del material en la cámara de secado se lleva a cabo introduciendo en ella un gas de secado caliente que fluye a través de la cámara de secado en co-corriente o en paralelo con el material. Cuando el material contiene una cantidad relativamente grande de humedad residual, la diferencia de temperatura entre el material y el gas de secado es relativamente alta (ver la figura 4, parte izquierda). Así, el material con la cantidad relativamente grande de humedad residual contenida en él se somete a una temperatura relativamente alta del gas de secado.

A medida que se evapora la humedad residual en el material, la temperatura del gas de secado disminuye y la temperatura del material aumenta. Cuando el contenido de humedad del material es bajo, la diferencia de temperatura entre el gas de secado y el material ha disminuido. Así, el flujo en co-corriente o en paralelo del material y el gas de secado, produce una temperatura relativamente alta, cuando una cantidad grande de humedad residual es evaporada y una temperatura relativamente baja, cuando ya no es necesario reducir el contenido de humedad del material. Como resultado, la humedad residual se puede eliminar del material de forma rápida y eficiente.

La torrefacción del material en la cámara de tostado del reactor de torrefacción se lleva a cabo introduciendo en ella un gas caliente de tostado que fluye a través de la cámara de tostado del reactor de torrefacción en contracorriente con el material. Puesto que el gas caliente de tostado fluye en contracorriente con el material, la temperatura del gas caliente de tostado "sigue" la temperatura del material (ver Figura 4, parte derecha). La temperatura del material y la temperatura del gas caliente de tostado aumentan ambas en la dirección de transporte del material. La temperatura de entrada del gas caliente de tostado necesita ser solamente algo por encima de la temperatura del material a la salida. Hay tan solo un muy pequeño riesgo de que se desarrollen "puntos calientes" en el material seco, o de tostado incontrolado o de que tenga lugar la pirólisis.

De hecho, solamente se necesita una cantidad relativamente pequeña de energía a ser introducida en la cámara de tostado, lo cual permite una mejor dosificación y/o un ajuste fino de la energía de entrada. Como resultado, la temperatura de tostado en la cámara de tostado se puede establecer y controlar exactamente.,

En otras palabras, el proceso como se reivindicó en la reivindicación 1, lleva a cabo el secado y el tostado **esencialmente en dos cámaras separadas**, es decir, la cámara de secado y la cámara de tostado, y optimiza el proceso de secado y el proceso de tostado por flujo en paralelo en la cámara de secado y flujo en contracorriente en la cámara de tostado.

Por su parte, el Documento D1 (W08905847) divulga un reactor 1 que tiene una cámara de secado 2 y una cámara de tostado 3 (ver Figura 1). El flujo del gas en la cámara de tostado 3 es en contracorriente al material (página 12, líneas 12-17). De acuerdo con la página 10, línea 32 - página 11, línea 2, también es ventajoso, para el flujo del gas en la cámara de secado 2 que sea en contracorriente con el material.

Cuando se aplican las enseñanzas del documento D2 al sistema del documento D1, la persona versada en el arte combinaría la cámara de secado y la cámara de tostado en una cámara de procesamiento, y proporcionaría varias características para obtener el modo de circulación de los gases. De otra manera, cuando comenzando a partir del documento D2 y la aplicación de las enseñanzas del documento D1, la persona versada en el arte separaría el reactor en una cámara de secado y una cámara de tostado, **pero solamente con el flujo de gases en contracorriente**.

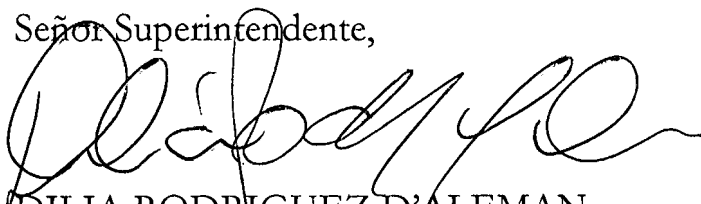
Para llegar a la combinación de características de la presente reivindicación 1, la persona versada en el arte debería tener un nivel inventivo. Lo anterior también aplicaría para el aparato de la reivindicación 7.

Así las cosas, amablemente manifestamos que las reivindicaciones independientes 1 y 7 de la presente solicitud (con las correcciones que se sugirieron anteriormente) están dirigidas a una materia objeto novedosa e inventiva, lo cual hace que la materia contenida en las mismas sea susceptible de protección bajo la figura de patente de invención.

Finalmente, nos permitimos solicitar que se conceda finalmente el privilegio de patente de invención a la solicitud en estudio o si el examinador considera que subsisten razones para objetar la presente invención, rogamos expedir otro examen de fondo con los debidos motivos y razones que sustenten su objeción con el fin de que nuestro mandante tenga la posibilidad de exponer sus argumentos con base en la interpretación de los artículos 45 de la Decisión 486 -el cual otorga la facultad al examinador para emitir los exámenes de fondo-, 35 y 59 del Código Contencioso Administrativo que señala que: *“habiéndose dado oportunidad a los interesados para expresar sus opiniones, y con base en las pruebas e informes disponibles, se tomará la decisión que será motivada al menos en forma sumaria si afecta a particulares”* y *“(.) deberá proferirse la decisión definitiva. Esta se motivará en sus aspectos de hecho y de derecho, y en los de conveniencia si es el caso”*, respectivamente (El subrayado es nuestro).

En consecuencia, pedimos 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

Señor Superintendente,



DILIA RODRIGUEZ D'ALEMAN
C.C.41.654.882 de Bogotá
T.P. 20824

RESUMEN

Titulo: PROCESO Y DISPOSITIVO PARA TRATAMIENTO DE BIOMASA

5

Un proceso para tratar biomasa, que comprende: el suministro de un material que contiene una cantidad de humedad residual. El material se calienta a la temperatura de torrefactado en una atmósfera baja en oxígeno en el reactor de torrefacción, en donde el material se convierte en un material torrefactado. El material con el contenido de

10 humedad residual esencialmente se seca totalmente en una cámara de secado por evaporación de la humedad residual. El reactor de torrefacción comprende una cámara de torrefactado en la que esencialmente ocurre la torrefacción de este material seco. El material se lleva a través del reactor de torrefacción en una dirección de transporte. El secado del material en la cámara de secado se lleva a cabo introduciendo

15 dentro de ésta un gas caliente de secado que fluye a través de la cámara de secado en paralelo con el material. La torrefacción del material en la cámara de torrefactado del reactor de torrefacción se lleva a cabo introduciendo dentro de ésta un gas caliente de torrefactado que fluye a través de la cámara de torrefactado del reactor de torrefacción en contra-corriente con el material.

20

TITULO PROCESO Y DISPOSITIVO PARA TRATAMIENTO DE BIOMASA

La invención se refiere a un proceso para tratar un material tal como biomasa o

5 desechos, que comprende:

- El suministro de un material que contiene una cantidad de humedad residual,

- El suministro de un reactor de torrefacción,

- El calentamiento del material en el reactor de torrefacción a una temperatura

10 de torrefactado en una atmósfera baja en oxígeno en el reactor de torrefacción,

en donde el material se convierte en un material torrefactado.

El término "material" o "materia prima" aquí se utiliza para señalar varias clases de materiales o materias primas. En esta solicitud de patente el término "material" o

15 "materia prima" se refiere no solamente a biomasa o desechos, sino también a cualquier material orgánico. Puesto que el material contiene carbono, generalmente éste es un combustible. El material puede ser derivado por ejemplo, de residuos o desechos (agrícolas).

20 Tal proceso es conocido. En el estado no tratado, muchos materiales están relativamente húmedos. El material generalmente contiene agua libre (no enlazada) y agua enlazada (sin cohesión). El agua enlazada o enlazada sin cohesión es absorbida por la materia prima natural en si misma. Por ejemplo, la biomasa original de la planta,

tal como pasto podado y segado, contiene una cantidad considerable de humedad por naturaleza.

Además, la biomasa puede estar muy húmeda como resultado del lavado o porque ha
5 sido sometida a un tratamiento alternativo con agua con el propósito de reducir el
contenido de sal de la biomasa. La remoción de las sales es deseable, puesto que las
sales en la biomasa utilizada como combustible conducen más rápidamente a la
formación de corrosión en la cámara de combustión de una estación de potencia. Estas
sales también reducen la calidad de las cenizas producidas durante la combustión del
10 combustible de biomasa, lo cual impide la utilización de éstas cenizas. Las sales
solubles en agua en particular pueden sacarse por lavado de la biomasa original de la
planta, tal como paja.

Usualmente, la materia prima tiene un contenido de humedad de 5-15%, es decir, una
15 cantidad de humedad residual está contenida en el material. Este material con la
humedad residual se introduce dentro del reactor de torrefacción. La torrefacción es
un método de tratamiento termo-químico para el material. En éste método el material
se calienta en una atmósfera baja en oxígeno (con cantidades sub-estequiométricas de
oxígeno) o en una atmósfera gaseosa libre de oxígeno, usualmente bajo presión
20 atmosférica a una temperatura de 200-300 °C. La carencia de oxígeno bajo presión
atmosférica protege al material del quemado. En cambio el material se torrefica, lo que
conduce a la pérdida de masa, debido a la eliminación de gases. Esta pérdida de masa
generalmente es de cantidades de cerca de 30%, mientras que el valor de energía se

reduce solamente en 10%. Por lo tanto el combustible producido por torrefacción tiene un valor calorífico más alto.

La torrefacción también causa cambios químicos a la estructura del material. El material pierde su resistencia mecánica y elasticidad, por lo que es mucho más fácil de moler. Además, el material torrefactado es hidrofóbico y por lo tanto permanece seco y es insensible a la humedad atmosférica. El riesgo a la descomposición y el sobrecalentamiento es muy pequeño cuando se almacena el material que ha sido producido por torrefacción.

10

La temperatura del material se eleva en el reactor de torrefacción. Antes que pueda ocurrir la torrefacción del material, la humedad residual, sin embargo, debe ser primero evaporada del material. El material virtualmente se seca completamente en el reactor de torrefacción por evaporación de la humedad residual. La torrefacción real del material solamente tiene lugar después que ha sido evaporada la humedad residual. La torrefacción comienza tan pronto como la temperatura del material excede cerca de los 200 °C. Sin embargo la temperatura de torrefacción generalmente es más alta, está cerca de los 250°C.

15

20

En el reactor de torrefacción se genera una cantidad considerable de vapor cuando se evapora la humedad residual en el reactor de torrefacción. Esto puede conducir a que fluya en el reactor una corriente de gas de movimiento relativamente rápido, que incrementa la caída de presión en el reactor. Además, la energía necesaria para

evaporar la humedad residual es mucho mayor que la energía requerida para la torrefacción. En particular, en un reactor de torrefacción basado en el contacto directo entre el gas y el material, se debe introducir una cantidad relativamente más grande de gas caliente en el reactor de torrefacción a una temperatura de entrada, la cual aumenta la cantidad de gas que tiene que pasar a través del reactor de torrefacción. Esto dificulta la implementación del método de tratamiento.

Un objetivo de la invención es proporcionar un proceso mejorado para tratar el material.

Este objetivo se alcanza de acuerdo con la invención porque el reactor de torrefacción comprende una cámara de secado y una cámara de torrefactado, el material con la humedad residual contenida en éste, que esencialmente se seca totalmente en la cámara de secado mediante evaporación de la humedad residual, y la torrefacción del material seco que se lleva a cabo esencialmente en la cámara de torrefactado, y el material que se lleva a través del reactor de torrefacción en una dirección de transporte, y el secado del material en la cámara de secado que se hace introduciendo en ella un gas seco caliente que fluye a través de la cámara de secado en paralelo con el material, y la torrefacción del material en la cámara de torrefactado del reactor de torrefacción que se realiza introduciendo en ella un gas caliente de torrefactado que fluye a través de la cámara de torrefactado del reactor de torrefacción en contra-corriente al material.

De acuerdo con la invención, el material se seca en la cámara de secado, después

de lo cual el material se torrefacta en la cámara de torrefactado. La cámara de
secado y la cámara de torrefactado aquí forman dos espacios separados. Contrario
al proceso conocido, la evaporación de la humedad residual del material y la
torrefacción del material de acuerdo con la invención constituyen por lo tanto dos
5 etapas diferentes, cada uno de los cuales se puede optimizar.

El material se seca casi totalmente en la cámara de secado, lo cual requiere una
cantidad relativamente grande de energía. La evaporación de la humedad residual
del material es eficiente, porque el material y el gas caliente se mueven en paralelo
10 con uno con el otro. La cámara de secado se diseña específicamente para el secado
del material.

Cuando se introduce un gas caliente, que está por ejemplo, en contacto directo con
el material, la temperatura del material en el reactor de torrefacción se eleva a la
15 temperatura de torrefactado. Puesto que el gas caliente fluye en contra-corriente al
material, la temperatura del gas caliente "sigue" la temperatura del material. La
temperatura del material y la temperatura del gas caliente ambas aumentan en la
dirección de transporte del material. La temperatura de entrada del gas caliente
necesita entonces solamente estar algo por encima de la temperatura del material
20 de salida. Solamente hay un muy pequeño riesgo de que se desarrollen "puntos
calientes" en el material seco, o de torrefacción no controlada o de que ocurra
pirólisis. Solamente se necesita introducir una cantidad relativamente pequeña de
energía en la cámara de torrefactado lo cual permite una dosificación mejorada y/o

AA

una sintonización fina de la energía de entrada. Como resultado, la temperatura de torrefactado en la cámara de torrefactado se puede ajustar y controlar exactamente.

Otra ventaja adicional de la invención es que las temperaturas requeridas de los gases calientes introducidos -gas de secado y gas de torrefactado- son relativamente bajas. Esto facilita la producción de dichos gases. Por ejemplo, la temperatura del gas caliente introducido en la cámara de torrefactado está en el intervalo de 200-400 °C, siendo por ejemplo., cerca de 300 °C. La torrefacción controlada se puede llevar a cabo en la cámara de torrefactado a tal temperatura. En adición la temperatura del gas caliente introducido en la cámara de secado puede estar en el intervalo de 150-600 °C, siendo por ejemplo, cerca de 350 °C. Esta temperatura es particularmente adecuada para el secado casi completo del material, hasta un contenido de humedad <3%. Estas temperaturas son suficientemente bajas para la producción que utiliza por ejemplo., un aceite térmico.

Cuando la cámara de secado y la cámara de torrefactado se acomodan en el reactor de torrefacción, la cámara de secado y la cámara de torrefactado forman dos espacios de reacción del reactor de torrefacción. El secado del material por evaporación de la humedad residual esencialmente se lleva a cabo en el primer espacio de reacción, es decir., la cámara de secado, y la torrefacción del material esencialmente se lleva a cabo en el segundo espacio de reacción, es decir., la cámara de torrefactado. De hecho, el material se seca casi completamente aquí por evaporación de la humedad residual en el reactor de torrefacción, pero el proceso en el reactor de torrefacción es separado de

acuerdo con la invención en dos etapas, cada una de las cuales se puede optimizar.

Sin embargo, también es posible de acuerdo con la invención colocar la cámara de secado en un secador de humedad residual, y colocar la cámara de torrefactado en el reactor de torrefacción. En éste caso, el secador de humedad residual forma un dispositivo separado, que se coloca separadamente del reactor de torrefacción. El secador de humedad residual también se puede diseñar de tal manera que asegure la evaporación eficiente de la humedad residual del material. El secador de humedad residual se conecta con el reactor de torrefacción para la transferencia del material casi totalmente seco desde el secador de humedad residual a la cámara de torrefactado.

Es posible de acuerdo con la invención para el gas de secado, después que se ha movido en paralelo con el material y así ha sido enfriado para dejar la cámara de secado y para ser introducido en un primer intercambiador de calor, el cual calienta este gas de secado, después que el gas de secado calentado por el primer intercambiador de calor se introduce en la cámara de secado, y el gas de torrefactado después se ha movido en contra-corriente al material y así ha sido enfriado dejando la cámara de torrefactado y se introduce a un segundo intercambiador de calor, que calienta éste gas de torrefactado, después que el gas de torrefactado ha sido calentado por el segundo intercambiador de calor se introduce en la cámara de torrefactado. En ése caso, el gas que seca circula en un primer circuito, mientras que el gas que torrefacta circula en un segundo circuito. Mediante el uso de dos circuitos, cada uno con su propio intercambiador de calor, es posible asegurar una recuperación eficiente

de energía del gas de secado y el gas de torrefactado.

En particular, el suministro del material para el proceso de acuerdo con la invención comprende introducir una materia prima relativamente húmeda en un secador, y
5 calentar el material en el secador para evaporar la humedad del material hasta la cantidad de humedad residual que permanece en éste, el material que ha sido secado en el secador se introduce en la cámara de secado. El material relativamente húmedo tiene un contenido de humedad de por ejemplo, más del 15 %. El material relativamente húmedo luego se puede secar térmicamente en un secador, tal como un
10 secador de tambor rotatorio antes de ser introducido en la cámara de secado del reactor de torrefacción o en el secador de humedad residual. Puesto que el material se calienta en el secador, la temperatura se eleva suficientemente para evaporar la humedad del material. El material no se seca completamente en el secador, i.e., una cantidad de humedad residual permanece en el material. La humedad residual está
15 formada principalmente por agua enlazada al material.

En la práctica, la energía se introduce en el secador hasta que el contenido de humedad del material es de cerca de 10-15 %. Luego la biomasa es de 85-90 % seca. Reducir el contenido de humedad en el secador reduciría además el rendimiento del método total de tratamiento. Por ejemplo, el secador no es adecuado para secar el material
20 además en una forma económicamente eficiente.

Incidentalmente, un material con un contenido de humedad mayor del 15 % también puede, por supuesto, ser alimentado en el reactor de torrefacción sin secado

preliminar o pre-secado en un secador separado. Por ejemplo, la paja generalmente tiene un contenido de humedad de cerca de 20%. Esta paja se puede alimentar directamente en el reactor de torrefacción de acuerdo con la invención sin secado preliminar. El secado de esa paja tiene lugar completamente en la cámara de secado
5 del reactor de torrefacción de acuerdo con la invención. A la inversa, algunas veces puede ser deseable pre-secar primero en el secador el material que contiene solamente una cantidad relativamente pequeña de humedad, tal como 5 % o menos.

El material de acuerdo con la invención preferiblemente debería contener partículas
10 sólidas que se pasan a través del reactor de torrefacción en la forma de un lecho movable empacado. En este caso el reactor de torrefacción se opera sobre los principios de la tecnología de lecho movable.

La invención también se refiere a un dispositivo para tratar el material, que comprende
15 un reactor de torrefacción, al que se puede alimentar el material que contiene una cantidad de humedad residual, el reactor de torrefacción está provisto de una entrada para introducir éste material en el reactor de torrefacción, medios de calentamiento para calentar el material en el reactor de torrefacción a la temperatura de torrefactado, medios para tratar el aire para crear un ambiente bajo en oxígeno (con cantidades
20 sub-estequiométricas de oxígeno) en el reactor de torrefacción en donde el material se puede convertir en material torrefactado durante la operación, y una salida para remover el material torrefactado.

De acuerdo con la invención, el reactor de torrefacción comprende una cámara de secado y una cámara de torrefactado, la cámara de secado se adapta para secar esencialmente completo el material por evaporación de la humedad residual y la cámara de torrefactado se adapta para el torrefactado del material, y en donde la

5 cámara de torrefactado se ubica corriente abajo de la cámara de secado cuando se mira en la dirección del flujo del material, y en donde la cámara de secado tiene por lo menos un orificio de entrada para el gas de secado y por lo menos un orificio de salida para dicho gas de secado y para cualquier gas y/o vapor formado durante la evaporación de la humedad residual, tal que el orificio de entrada para el gas de secado

10 se localiza en el extremo de la cámara de secado que enfrenta los orificios de entrada y salida se localiza en el extremo opuesto de la cámara de secado, y en donde la cámara de torrefactado tiene por lo menos un orificio de entrada para el gas de torrefactado y por lo menos un orificio de salida para dicho gas de torrefactado y el gas de torrefacción formado en el proceso de torrefacción, tal que el orificio de entrada para

15 el gas de torrefactado se localiza en el extremo de la cámara de torrefactado que enfrenta los orificios de entrada y salida y se localiza en el extremo opuesto de la cámara de torrefactado.

El gas de secado y el gas de torrefactado son ambos gases calientes. El gas caliente de secado tiene el propósito de evaporar la humedad residual en la cámara de secado,

20 mientras que el gas caliente de torrefactado tiene el propósito de calentar el material casi completamente seco en la cámara de torrefactado a la temperatura de torrefactado requerida. Durante el proceso de torrefacción se forman en la cámara de torrefactado gases combustibles de torrefacción y se pueden remover a través del orificio de salida.

Durante la operación, el material se lleva a través del reactor de torrefacción en una dirección de transporte. El material se seca en la cámara de secado mediante la introducción de un gas caliente de secado en ella, a través de uno o más orificios de entrada en la cámara de secado. El gas caliente de secado fluye a través de la cámara de secado en paralelo con el material. La torrefacción del material en la cámara de torrefactado del reactor de torrefacción se lleva a cabo introduciendo en ella un gas caliente de torrefactado a través de uno o más orificios de entrada en la cámara de torrefactado. El gas caliente de torrefactado fluye a través de la cámara de torrefactado del reactor de torrefacción en contra-corriente al material. El gas de secado y el gas de torrefactado fluyen uno hacia el otro desde los extremos opuestos del reactor de torrefacción.

Los gases se reúnen el uno con el otro en los orificios de salida localizados entre los orificios de entrada del gas de secado y los orificios de entrada del gas de torrefactado. Esto asegura una separación del gas entre la cámara de secado y la cámara de torrefactado. La cámara de secado y la cámara de torrefactado se localizan en extremos opuestos de la separación del gas -la separación del gas delimita la cámara de secado y la cámara de torrefactado cada una con respecto de la otra. A diferencia en el arte previo, donde el material se puede secar casi totalmente por evaporación de la humedad residual en el reactor de torrefacción, el proceso en el dispositivo de acuerdo con la invención se puede dividir en dos etapas las cuales se pueden ajustar de manera óptima.

17

Cuando la cámara de secado y la cámara de torrefactado se colocan en el reactor de torrefacción, la cámara de secado y la cámara de torrefactado forman dos espacios separados en el mismo reactor de torrefacción. En una modalidad alternativa la
5 cámara de secado se localiza por ejemplo, en un secador de humedad residual, y la cámara de torrefactado se localiza en el reactor de torrefacción. En éste caso, el secador de humedad residual forma una entidad separada, la cual se coloca separadamente con respecto al reactor de torrefacción.

10 Es posible de acuerdo con la invención proporcionar un secador al que se le puede suministrar material relativamente húmedo, tal que el secador tiene medios para calentar éste material con el propósito de evaporar la humedad del material hasta la cantidad de humedad residual que permanezca en él, y el material secado en el secador se puede alimentar a la cámara de secado del reactor de torrefacción. Esto hace
15 adecuado el dispositivo de acuerdo con la invención para el manejo de material relativamente húmedo, por ejemplo material con un contenido de humedad de cerca de 15%, 25 % o más. El material relativamente húmedo se puede pre-secar térmicamente en el secador antes de ser alimentado a la cámara de torreficado.

20 El dispositivo de acuerdo con la invención por lo tanto puede comprender dos secadores y una cámara de torrefactado. El primer secador forma un secador preliminar que se usa para reducir el contenido de humedad a por ejemplo, cerca de 5-15%. El segundo secador está formado por la cámara de secado en el reactor de

AB

torrefacción o por el secador de humedad residual como se describió antes.

En una modalidad de la invención, el reactor de torrefacción esta unido por una pared periférica, la cámara de secado y la cámara de torrefactado extendidas como una
5 continuación cada una de la otra con la pared periférica. Cuando se mira en la dirección de flujo del material, la cámara de secado se localiza entre la entrada del material y la cámara de torrefactado, y la cámara de torrefactado se localiza entre la cámara de secado y la salida del material torrefactado.

10 En una modalidad de la invención, el reactor de torrefacción se monta en posición recta, un número de orificios de entrada que se proporcionan en la pared periférica, uno encima del otro, para el gas de secado. Este reactor de torrefacción puede ser por ejemplo, vertical o puede estar erguido en ángulo. Puesto que los orificios se distribuyen alrededor de la periferia de la pared periférica, el gas puede penetrar al
15 material el cual se coloca centralmente en la pared periférica. Se da al material suficiente oportunidad para secar sobre su sección transversal completa en la pared periférica.

El material se puede mover desde arriba hacia abajo en la pared periférica por la acción
20 de la gravedad. Sin embargo, también es posible que el material fluya a través del reactor de torrefacción de abajo hacia arriba. Para este propósito se proporciona un dispositivo de alimentación, por ejemplo, como un miembro de tornillo o un pistón que se puede mover arriba y abajo en la pared periférica. El dispositivo de

19

alimentación se puede localizar afuera de la pared periférica caliente del reactor de torrefacción. Por lo tanto se reduce la carga térmica del dispositivo de alimentación.

En una modalidad de la invención, la salida se conecta a una cámara de enfriamiento y
5 el material torrefactado se puede introducir desde la cámara de torrefactado en la cámara de enfriamiento. Por ejemplo, el dispositivo de alimentación empuja el material en la pared periférica del reactor de torrefacción hacia arriba hasta que el material alcanza una parte sobre el flujo. El material torrefactado se desbalancea a lo largo del borde de la parte de sobre flujo y cae más allá de ésta en la cámara de
10 enfriamiento. La cámara de enfriamiento generalmente está provista con orificios de entrada para gas de enfriamiento. El gas de enfriamiento enfría el material torrefactado.

Ahora se explicará la invención con referencia a una modalidad ejemplar ilustrada en
15 las figuras.

Fig. 1 Muestra un diagrama de flujo de un proceso esquemático para el proceso de tratamiento de biomasa de acuerdo con la invención.

Fig. 2 Muestra una gráfica en la que la temperatura de la biomasa, el contenido de humedad de la biomasa, y la energía introducida en el proceso (sobre una base
20 acumulativa) se diagraman contra el tiempo.

Fig. 3 Muestra una vista en sección transversal de un reactor de torrefacción de acuerdo con la invención.

Fig. 4 Muestra una gráfica en la que la temperatura del gas de secado, el gas de

torrefactado, y la biomasa se diagraman contra la distancia vertical en el reactor de torrefacción.

Fig. 5 Muestra un diagrama de un proceso esquemático en el caso de una segunda modalidad de un proceso para tratar biomasa de acuerdo con la invención.

5

El diseño del proceso y el dispositivo de acuerdo con la invención será descrito más adelante con la ayuda de las figuras para el tratamiento de biomasa. Sin embargo, la invención no se limita a la biomasa sino que se puede aplicar a toda clase de materiales.

Por ejemplo, varios materiales de movilidad baja, tales como residuos no bio-degradables, se pueden tratar de acuerdo con la invención.

10

El dispositivo de acuerdo con la invención para tratar la biomasa se indica en su totalidad por 1. El dispositivo para tratar la biomasa 1 comprende en esta modalidad un secador 3, que actúa como secador preliminar. El secador 3 tiene una entrada 5

15 pasa la introducción de la biomasa húmeda en el secador 3. El secador 3 también tiene una entrada 6 para gas caliente, que está a una temperatura de por ejemplo, cerca de 800 °C.

15

El gas caliente introducido eleva la temperatura de la biomasa en el secador 3 pero no reduce el contenido de humedad en la biomasa en el primero. Esta etapa se llama "pre-calentamiento" en la Fig. 2. Como la temperatura se eleva, la humedad comienza a evaporarse de la biomasa. Cuando la temperatura de la biomasa alcanza la temperatura de evaporación el agua libre y débilmente unida se evapora de la biomasa,

20

mientras que la temperatura se mantiene virtualmente constante. Esta etapa se llama "pre-secado" en la Fig. 2. La biomasa se seca en el secador 3 hasta que permanece cerca del 7-15% del contenido de humedad residual en ésta. La biomasa pre-secada deja después el secador 3 a través de la salida 7. La mayoría de la energía de los gases calientes introducidos se utiliza para secar la biomasa por lo tanto su propia temperatura cae a 70-80 °C. Los gases enfriados se remueven del secador 3 a través de una salida 8.

El dispositivo 1 para tratar la biomasa también comprende un reactor de torrefacción 10. El reactor de torrefacción de acuerdo con la invención tiene una entrada 11 que se conecta a la salida 7 del secador 3. La biomasa pre-secada se puede por lo tanto introducir en el reactor de torrefacción 10 a través de la entrada 11. El reactor de torrefacción 10 también tiene por lo menos un orificio de entrada 12. Un gas caliente fluye a través del orificio de entrada 12 dentro del reactor de torrefacción 10, tal que la transferencia de calor tiene lugar por contacto directo entre el gas caliente y la biomasa. Sin embargo, de acuerdo con la invención, el reactor de torrefacción también se puede construir para intercambio de calor indirecto entre el gas caliente y la biomasa.

La Fig. 2 muestra que la temperatura de la biomasa primero debe elevarse antes que ocurra la torrefacción. Después de todo, la temperatura mínima necesaria para la torrefacción es de cerca de 200°C. Como la temperatura se eleva, el agua enlazada se evapora de la biomasa hasta que la biomasa está virtualmente libre de humedad. Esta

etapa se llama "post-secado y calentamiento" en la Fig. 2. Este post-secado y calentamiento es llevado a cabo de acuerdo con la invención en una cámara de secado del reactor de torrefacción, lo que se explicará con más detalle más adelante con la ayuda de la Fig.3.

5

Luego la biomasa se torrefacta (ver "torrefacción" en la Fig.2) en una cámara de torrefactado del reactor de torrefacción. Durante el proceso de torrefacción, la temperatura se eleva desde cerca de 200°C hasta que se alcanza una temperatura máxima de torrefactado T_{Toff} en el punto A de la Fig. 2. La temperatura T_{Toff} se puede regular y
10 afecta las propiedades del combustible de biomasa. La calidad del producto de la biomasa torrefactada se alcanza en el punto A, pero generalmente aun no se han formado suficientes gases combustibles de torrefacción. La temperatura máxima de torrefactado T_{Toff} se mantiene más allá de éste punto A, tal que la cantidad de gases combustibles de torrefacción se incrementa en el reactor de torrefacción 10. Además
15 aquí también se mejora la calidad de la biomasa torrefactada. Los gases combustibles de torrefacción dejan el reactor de torrefacción 10 a través de por lo menos un orificio de salida 14.

El orificio de salida 14 se conecta a una unidad de combustión 20 con la ayuda de un
20 tubo 16. La unidad de combustión 20 tiene una entrada de aire 22. Los gases de torrefacción introducidos en la unidad de combustión 20 se queman en ella, lo que da levante a un gas del cañón de la chimenea muy caliente. El gas del cañón de la chimenea tiene una temperatura, por ejemplo, que oscila en el intervalo de 1000-1600°C, siendo

por ejemplo, 1200°C. La unidad de combustión 20 tiene una salida 24 para la remoción de este gas del cañón de la chimenea. La unidad de combustión 20 también puede tener una entrada 23 para combustible adicional. La entrada 23 es deseable por ejemplo cuando los gases de torrefactado no son combustibles o dan levante a un gas
5 del cañón de la chimenea que no es suficientemente caliente.

El dispositivo 1 mostrado en la Fig. 1 para tratar biomasa también comprende un intercambiador de calor 30. El intercambiador de calor 30 tiene una entrada 32 para el gas del cañón de la chimenea, entrada que se conecta a la salida 24 de la
10 unidad de combustión 20 con la ayuda de un tubo 25. En adición, el intercambiador de calor 30 tiene una entrada 33 para el gas de torrefacción. Desde el tubo 16 que conecta el reactor de torrefacción 10 con la cámara de combustión 20, hay una línea de bifurcación 17 que corre hacia la entrada 33 del intercambiador de calor 30. Un ventilador 18 se proporciona en la línea de bifurcación 17. Por lo
15 tanto, parte del gas de torrefacción que deja el reactor de torrefacción 10 fluye hacia el intercambiador de calor a través de la línea de bifurcación 17, el ventilador 18 y la entrada 33. El gas del cañón de la chimenea que entra a través de la entrada 32 eleva la temperatura del gas de torrefacción a cerca de 200-400°C. Como resultado de esto el gas del cañón de la chimenea en si mismo se enfría a cerca de 500-1000°C.
20 El gas del cañón de la chimenea enfriado luego deja el intercambiador de calor 30 a través de la salida 34, la que se conecta a la entrada 6 del secador 3.

El intercambiador de calor puede ser ya sea del tipo directo o indirecto. En el caso

de intercambio de calor directo, el gas de torrefacción y el gas del cañón de la chimenea están en contacto directo uno con el otro. En un intercambiador de calor indirecto, el gas caliente del cañón de la chimenea a una temperatura de 1000-1600°C se utiliza para calentar por ejemplo, un aceite a 250-400 °C, el aceite
5 caliente luego calienta el gas de torrefactado. Después, este gas de torrefacción calentado fluye dentro de la cámara de torrefactado a través del orificio de entrada 12.

La biomasa torrefactada se retira del reactor de torrefacción 10 a través de la salida
10 13. La biomasa torrefactada se conduce luego al enfriador 40, en donde la biomasa puede ser enfriada a temperatura ambiente. Esto se indica por "enfriamiento" en la Fig. 2.

Aunque la Fig. 1 muestra el reactor de torrefacción 10 esquemáticamente en la
15 forma de un diagrama de bloque único, el reactor de torrefacción 10 de acuerdo con la invención comprende por lo menos dos espacios de reactor. El primer espacio de reactor proporciona la cámara de secado, mientras que el segundo espacio de reactor forma la cámara de torrefactado. El reactor de torrefacción 10 de acuerdo con la invención se muestra en más detalle en la Fig. 3.

20

El reactor de torrefacción 10 esencialmente está en posición vertical cuando está en operación. El reactor de torrefacción 10 comprende una pared periférica 50, una sección de fondo 51 y una sección superior 52. La entrada 11 para introducir la

biomasa dentro del reactor de torrefacción 10 está localizada a un lado de la sección de fondo 51. La sección de fondo 51 comprende un dispositivo de alimentación 53 para conducir la biomasa hacia arriba en la pared periférica 50. El dispositivo de alimentación 53 se muestra esquemáticamente en la Fig. 3. La pared periférica 50 en
5 el reactor de torrefacción se llena con biomasa durante la operación.

El dispositivo de alimentación 53 puede tener varios diseños. Por ejemplo el dispositivo de alimentación comprende dos pistones y una válvula de soporte. El primer pistón se puede mover a través de la entrada 11 para empujar la biomasa al
10 segundo pistón, el cual se puede mover hacia arriba y hacia abajo en la pared periférica. La válvula de soporte se puede mover entre una posición de soporte y una posición libre. Cuando el pistón ha alcanzado el final de su golpe, la válvula de soporte se mueve a la posición de soporte para sostener la biomasa en la pared periférica. El segundo pistón se puede mover hacia abajo, después de lo cual el primer pistón puede
15 cargar de nuevo una cantidad de masa sobre él. Sin embargo, el dispositivo de alimentación también se puede diseñar como un tornillo transportador. El diseño del dispositivo de alimentación 53 depende de la orientación del reactor de torrefacción, la cual puede ser esencialmente vertical, horizontal o inclinada en un ángulo entre las dos.

20

En la pared periférica 50, el reactor de torrefacción 10 se divide en un primer espacio de reacción o cámara de secado 54 para la evaporación de la humedad residual de la biomasa, y un segundo espacio de reacción o cámara de torrefactado 55 para la

torrefacción de la biomasa. En esta modalidad ejemplar, no hay separación física entre la cámara de secado 54 y la cámara de torrefactado 55 y los espacios de reacción 54 y 55 son continuos. La transición entre los espacios de reacción 54 y 55 se indica por la línea punteada C. Por lo tanto en esta modalidad ejemplar, la cámara de secado 54 y la
5 cámara de torrefactado 55 no son cámaras cercanas pero forman un espacio de secado 54 y un espacio de torrefactado 55 continuos.

La cámara de secado 54 se localiza entre la entrada de la biomasa 11 y la cámara de torrefactado 55. La cámara de secado 54 tiene un número de orificios de entrada 12a
10 para la introducción de un gas caliente de secado. El gas de secado introducido viene del intercambiador de calor 30 (ver Fig. 1) y tiene una temperatura de por ejemplo, 100-400 °C. El gas de secado y la biomasa se mueven en paralelo con uno con el otro en la cámara de secado 54.

Puesto que se coloca un número de orificios de entrada 12a uno sobre el otro el gas de
15 secado puede penetrar a la biomasa en la parte del centro en la pared periférica. El gas de secado que se introduce a través del orificio superior de entrada 12a forma una corriente de gas caliente a lo largo del interior de la pared periférica 50. Obligado por este flujo, el gas de secado que tiene que ser introducido a través del orificio de entrada 12a debajo del primero es forzado a moverse lejos de la pared periférica 50 y se dirige
20 rápidamente hacia dentro. Esto se indica esquemáticamente por las flechas D. Esto asegura que se pueda secar totalmente no solamente la biomasa de la pared periférica sino también la biomasa que está en el medio.

Durante el secado de la biomasa en la cámara de secado 54 se genera vapor. Parte de este vapor y del gas enfriado por evaporación dejan el reactor de torrefacción 10a través de los orificios de salida 15, localizados lateralmente en la pared periférica 50. El vapor producido preferiblemente se pasa ampliamente dentro de la cámara de torrefactado 55 del reactor de torrefacción 10, puesto que generalmente el vapor contiene una cantidad considerable de compuestos orgánicos.

Cuando la biomasa sobrepasa el nivel indicado por la línea punteada C, la biomasa está casi totalmente seca, es decir, la humedad residual ha sido evaporada casi completamente de la biomasa. El contenido de humedad de la biomasa es entonces preferiblemente $\leq 3\%$. Al mismo tiempo la temperatura de la biomasa se ha elevado acerca de 200°C . Por lo tanto cuando ocurre lo anterior el nivel mostrado por la línea punteada C es la torrefacción. La biomasa entonces se localiza en la cámara de torrefactado 55 para el torrefactado de la biomasa.

La cámara de torrefactado 55 tiene orificios de entrada 12b para el gas de torrefactado, los cuales se localizan en la sección superior 52 del reactor de torrefacción 10. El gas de torrefactado es el gas caliente introducido dentro de la cámara de torrefactado para torrefactar la biomasa. El gas de torrefactado se deriva del intercambiador de calor 30 (ver Fig.1) igual que el gas de secado. El gas de torrefactado fluye desde los orificios de entrada 12b hacia abajo a través de la biomasa. El gas de torrefactado se mueve en contra-corriente a la biomasa. En el segundo espacio de reacción 55, la biomasa se torrefacta cuando se mueve hacia arriba. Como la biomasa se calienta a la temperatura máxima de torrefactado T_{Tor} , los gases combustibles de torrefacción se forman en el

segundo espacio de reacción 55. La cantidad de gas combustible de torrefacción se incrementa manteniendo esta temperatura por algún tiempo. El gas de torrefactado introducido y los gases de torrefacción formados dejan el segundo espacio de reacción 55 a través de los orificios de salida 14.

5

La mezcla de gases que deja el reactor de torrefacción 10 a través de los orificios de salida 14 contendrá por lo tanto relativamente poco vapor de acuerdo con la invención. El flujo en el tubo 16 y la línea de bifurcación 17 (ver Fig.1) por lo tanto es relativamente limitado, lo cual reduce la potencia requerida del ventilador 18.

10 Además, el gas combustible de torrefacción descargado se diluirá fuertemente con el vapor de la cámara de secado 54, sino todo. Esto tiene un efecto favorable sobre las propiedades de quemado en la unidad de combustión 20 (ver Fig. 1).

El reactor de torrefacción 10 tiene una parte de sobre-flujo 58. Como la biomasa torrefactada se empuja sobre el borde de la parte de sobre-flujo 58, está se desbalancea a lo largo de la parte de sobre-flujo 58 cayendo dentro de la unidad de enfriamiento 40. La unidad de enfriamiento tiene un orificio de entrada 41 para la introducción del gas de enfriamiento. La temperatura de la biomasa torrefactada disminuye a temperatura ambiente en la cámara de enfriamiento 40. La biomasa enfriada deja la

15

20 unidad de enfriamiento 40 a través de la salida 42.

La Fig. 4 muestra la temperatura de la biomasa del gas de secado y del gas de torrefactado en función de la altura z dentro del reactor de torrefacción (ver Fig.3). La

temperatura de la biomasa se muestra por la línea más baja E, mientras que la temperatura del gas de secado y la temperatura del gas de torrefactado se muestran por las líneas F y G, respectivamente. La separación entre la cámara de secado 54 y la cámara de torrefactado 55 de nuevo se muestra por la línea punteada C.

5

La Fig. 4 se refiere al proceso de acuerdo con la invención como se describió en el caso de la Fig. 3. La biomasa y el gas de secado se mueven en la cámara de secado 54 en paralelo con una con otra. Como resultado, se puede eliminar rápidamente y eficientemente la unidad de la biomasa. En la cámara de torrefactado 55, la biomasa y el gas de torrefactado introducido se mueven en contra-corriente uno con el otro. Esto hace posible controlar exactamente la máxima temperatura de torrefactado.

La Fig. 5 muestra una segunda modalidad de un dispositivo para tratar biomasa, en donde los mismos numerales de referencia señalan las mismas partes. La operación y construcción esencialmente corresponden al proceso y dispositivo para tratar biomasa como se describió antes, y esta modalidad también tiene las ventajas antes mencionadas. La modalidad ilustrada en la Fig. 5 será descrita además más abajo como sigue.

20 El secador usado para pre-secar la biomasa no se muestra en la Fig.5. La biomasa, ya sea pre-secada o no, se introduce en el reactor de torrefacción 10 a través de la entrada 11. El reactor de torrefacción 10 esencialmente es vertical. En la pared periférica 50, la biomasa se mueve hacia abajo por la acción de la gravedad. Después de todo, la

entrada 11 se localiza en la sección superior 52 del reactor de torrefacción 10, mientras que la salida 13 está en el fondo de la sección 51.

La sección superior del reactor de torrefacción 10 forma la cámara de secado 54 mientras que la sección del fondo del reactor de torrefacción 10 define la cámara de torrefactado 55. La cámara de secado 54 se localizada entre la entrada 11 de la biomasa y la cámara de torrefactado 55. La cámara de torrefactado 55 está unida entre la cámara de secado 54 y la salida 13 de la biomasa.

La cámara de secado 54 tiene uno o más orificios de entrada 12a. Un gas caliente de secado fluye dentro de la cámara de secado 54 del reactor de torrefacción 10a través de los orificios de entrada 12a, puesto que la transferencia de calor ocurre por contacto directo entre el gas caliente de secado y la biomasa. Sin embargo, la cámara de secado también se puede diseñar de acuerdo con la invención para intercambio indirecto de calor entre el gas caliente de secado y la biomasa. El gas de secado y la biomasa se mueven en la cámara de secado 54 en paralelo con uno con el otro. Preferiblemente se proporciona un número de orificios de entrada 12a, uno encima del otro tal que el gas de secado puede penetrar la biomasa en la parte del centro (no mostrada en Fig. 5).

El gas caliente de secado eleva la temperatura de la biomasa en la cámara de secado 54 y evapora el agua unida a la biomasa hasta que la biomasa esta casi libre de humedad. Esta etapa se indica en la Fig. 2 por "post-secado y calentamiento". El gas caliente de secado se enfría en el proceso. El gas de secado enfriado, y posiblemente el gas y/o vapor formados en la evaporación de la unidad residual, dejan la cámara de secado 54

a través de los orificios de salida 15. El gas enfriado se introduce luego en un primer intercambiador de calor 200. El primer intercambiador de calor 200 calienta el gas de secado, y este gas de secado calentado luego es introducido de nuevo dentro de la cámara de secado 54 a través de los orificios 12a de entrada. Esto forma un circuito
5 203, en el cual circula el gas de secado.

La biomasa desciende desde la cámara de secado 54 dentro de la cámara de torrefactado 55 del reactor de torrefacción, es decir, la biomasa sobrepasa el nivel indicado por la línea punteada C. La biomasa esta entonces casi completamente seca,
10 esto es, la humedad residual ha sido casi completamente evaporada de la biomasa. Ahora la biomasa contiene por ejemplo, $\leq 3\%$ de humedad. La temperatura de la biomasa se tendrá que elevar cerca de 200 °C al mismo tiempo.

El gas caliente de torrefactado se pasa dentro de la cámara de torrefactado 55 a través
15 de los orificios de entrada 12b. El gas de torrefactado es el gas caliente que se introduce dentro de la cámara de torrefacto 55 para torrefactar la biomasa. El gas de torrefactado se mueve desde los orificios de entrada 12b hacia arriba a través de la biomasa. El gas de torrefactado y la biomasa se mueven en contra-corriente el uno con el otro. En el segundo espacio de reacción 55, es decir, debajo del nivel indicado
20 de la línea punteada C, la biomasa será torrefactada cuando se mueve hacia abajo.

Los gases combustibles de torrefacción se forman cuando la biomasa se calienta a la temperatura máxima de torrefactado T_{Torr} en el segundo espacio de reacción 55. La

cantidad de gas combustible de torrefacción se incrementa manteniendo esta temperatura por algún tiempo. El gas de torrefactado introducido y los gases de torrefacción producidos dejan la cámara de torrefactado 55 a través de los orificios de salida 14.

5

Los orificios de salida 14 se conectan al tubo 16 con la ayuda de una línea de bifurcación, y el tubo 16 se conecta a la unidad de combustión 20 (no mostrada en la Fig. 5). Los orificios de salida 14 están igualmente conectados a un segundo intercambiador de calor 201, y parte del gas de torrefacción formado se pasa dentro
10 del segundo intercambiador de calor 201. El intercambiador de calor 201 calienta el gas de torrefacción, y el gas de torrefacción calentado se introduce dentro de la cámara de torrefactado 55 a través de los orificios de entrada 12b. En esta modalidad ejemplar, el gas de torrefacción formado se utiliza como el gas de torrefactado. Este gas se recircula en un segundo circuito 205.

15

El perfil de temperatura mostrado en la Fig. 4 también aplica a la modalidad ilustrada en la Fig. 5. La biomasa y el gas de secado se mueven en la cámara de secado 54 en paralelo con el uno con el otro. Como resultado se puede eliminar rápidamente y eficientemente la humedad residual de la biomasa. En la cámara de
20 torrefactado 55 la biomasa y el gas de torrefactado suministrados se mueven en contra-corriente el uno con el otro. Esto hace posible controlar exactamente la temperatura máxima de torrefactado.

El calentamiento del gas de secado y del gas de torrefactado en los respectivos

intercambiadores de calor 200 y 201 se puede llevar a cabo con la ayuda de un tercer circuito 209, el cual comprende una unidad de calentamiento 207. La unidad de calentamiento 207 puede ser por ejemplo, una caldera de aceite, en cuyo caso el aceite caliente se circula en el tercer circuito 209, que incluye los intercambiadores de calor 200 y 201. Esto se hace posible mediante el uso de un flujo en paralelo con en la cámara de secado 54 y un flujo en contra-corriente en la cámara de torrefactado 55, en cuyo caso las temperaturas del gas de secado y del gas de torrefactado se mantienen relativamente bajas.

La biomasa torrefactada se retira del reactor de torrefacción 10 a través de la salida 3. La biomasa torrefactada se transfiere luego a un enfriador 40 (no mostrado en la Fig. 5), donde la biomasa se puede enfriar a temperatura ambiente. Esto se indica en la Fig. 2 por "enfriamiento".

La invención por supuesto no se restringe a las modalidades descritas antes. Sobre la base de procesos conocidos, por ejemplo, el experto podrá ser capaz de introducir varias modificaciones dentro del alcance de la invención. Por ejemplo, la cámara de secado 54 y la cámara de torrefactado 55 se pueden hacer como entidades separadas, conectadas la una con la otra por un tubo. La cámara de secado 54 luego se coloca en un secador de humedad residual separado, mientras que la cámara de torrefactado 55 se incorpora en el reactor de torrefacción 10. En este caso, el secador de humedad residual en el sistema ilustrado en la Fig. 1 se inserta entre el secador preliminar 3 y el reactor de torrefacción 10. Luego también hay una separación física entre la cámara de

secado 54 y la cámara de torrefactado 55, diferente en la modalidad mostrada en la Fig. 3.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para tratar un material, tal como biomasa o desechos, que comprende:

5 El suministro de un material que contiene una cantidad de humedad residual,

El suministro de un reactor de torrefacción (10),

El calentamiento del material en el reactor de torrefacción (10) a una temperatura de torrefactado en una atmósfera baja en oxígeno en el reactor de torrefacción (10), caracterizado porque el reactor de torrefacción (10) comprende una cámara de secado (54) y una cámara de torrefactado (55), en donde el material con la humedad residual contenida en éste, esencialmente se seca completamente en la cámara de secado (54) por evaporación de la unidad residual, y la torrefacción del material seco esencialmente se lleva a cabo en la cámara de torrefactado (55), y el material se lleva a través del reactor de torrefacción (10) en una dirección de transporte (B), y el secado del material en la cámara de secado (54) se lleva a cabo introduciendo dentro de ésta un gas caliente de secado que fluye a través de la cámara de secado (54) en paralelo con el material, y la torrefacción del material en la cámara de torrefactado (55) del reactor de torrefacción se lleva a cavo introduciendo en este un gas de torrefactado que fluye a través de la cámara de torrefactado (55) del reactor de torrefacción (10) en contra corriente al material.

2. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el material contiene partículas sólidas que se mueven a través del reactor de torrefacción (10) en la forma de un lecho movable empacado.

3. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el gas de secado, después que se ha movido en paralelo con el material y así ha sido enfriado para dejar la cámara de secado y se introduce en un primer intercambiador de calor, el cual calienta este gas de secado, después que el gas de secado calentado por el primer intercambiador de calor se introduce en la cámara de secado (54), y el gas de torrefactado después se ha movido en contra-corriente al material y así ha sido enfriado dejando la cámara de torrefactado y se introduce en un segundo intercambiador de calor, que calienta éste gas de torrefactado, después que el gas de torrefactado ha sido calentado por el segundo intercambiador de calor se introduce en la cámara de torrefactado (54).

4. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el suministro del material comprende introducir una materia prima húmeda en un secador (3), y calentar el material en el secador (3), el material que ha sido secado en el secador (3) que se introduce en la cámara de secado (54).

5. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que la temperatura del gas caliente introducido en la cámara de torrefactado (55) está en el intervalo de 200-400 °C cerca de 300°C.

6. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la temperatura del gas caliente introducido en la cámara de secado (54) está en el intervalo de 150-600 °C cerca de 350°C.

7. Un dispositivo para tratar un material tal como biomasa o producto de desecho, dispositivo que comprende un reactor de torrefacción (10), que puede ser alimentado con material que contiene una cantidad de humedad residual, el reactor de torrefacción (10) está provisto de una entrada (11) para introducir éste material en el reactor de torrefacción (10), medios de calentamiento (12) para calentar el material en el reactor de torrefacción (10) a la temperatura de torrefactado, medios para tratar el aire para crear una atmósfera baja en oxígeno, en el reactor de torrefacción en donde el material se puede convertir en material torrefactado durante la operación, y una salida (13) para remover el material torrefactado, caracterizado porque el reactor de torrefacción (10) comprende una cámara de secado (54) y una cámara de torrefactado (55), la cámara de secado (54) la cual se adapta para el secado esencialmente completo del material por evaporación de la humedad residual en el que la cámara de torrefactado (55) se adapta para el torrefactado del material, y en donde la cámara de torrefactado (55) se localiza corriente abajo de la cámara de secado (54) cuando se mira en la dirección del flujo del material y en donde la cámara de secado (54) tiene uno o más orificios de entrada (12a) para el gas de secado y por lo menos un orificio de salida (15) para dicho gas de secado y posible gas y/o vapor formado durante la evaporación de la humedad residual en el orificio de entrada (12a) para el gas de secado se localiza en el extremo de la cámara de secado (54) que enfrenta la entrada (11), y el orificio de salida (15) se localiza en el extremo opuesto de la cámara de secado (54), y en donde la cámara de torrefactado (55) tiene un orificio de entrada (12b) para el gas torrefactado y por un orificio de salida (14) para dicho gas torrefactado y el gas de torrefacción formado en el proceso de torrefacción, en el que el orificio de entrada (12b) para el gas de torrefactado se localiza en el extremo de la cámara de torrefactado (55) que enfrenta la

salida (13) y el orificio de salida (14) se localiza en el extremo opuesto de la cámara de torrefactado (55).

8. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende dos
5 intercambiadores de calor, en donde el primer intercambiador de calor se proporciona para calentar el gas de secado y se conecta al orificio de entrada y al orificio de salida de la cámara de secado con el propósito de formar un circuito de gas de secado y el segundo intercambiador de calor se proporciona
10 para calentar el gas de torrefactado y se conecta al orificio de entrada y al orificio de salida de la cámara de torrefactado para formar un circuito de gas de torrefactado.

9. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en el que un secador
(3) que se proporciona puede ser alimentado con un material húmedo, el cual
15 se une con medios de calentamiento (6) para calentar este material y en donde el secador (3) se conecta a la cámara de secado (4) para introducir el material secado en el secador (3) dentro de la cámara de secado (54).

10. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7-9, en
20 donde, cuando se mira en la dirección del flujo del material, la cámara de secado (54) se localiza entre la entrada (11) para el material y la cámara de torrefactado (55), y la cámara de torrefactado (55) se localiza entre la cámara de secado (54) y la salida (13) para el material torrefactado.

25 11. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde el reactor de torrefacción (10) está unido por una pared periférica (50), y la cámara de secado (54) y la cámara de torrefactado (55) se

extienden como una continuación la una de la otra en la pared periférica (50).

12. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 11, en donde el reactor de torrefacción (10) se monta en posición recta, y en donde un número de
5 orificios de entrada (12a) se proporcionan en la pared periférica (50) uno sobre el otro, para la introducción del gas de secado.

13. El dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7-12, en donde la salida (13) se conecta a la cámara de enfriamiento (40), y en donde el
10 material torrefactado se puede introducir desde la cámara de torrefactado (55) dentro de la cámara de enfriamiento (40).

14. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 13, en donde la cámara de enfriamiento (40) se proporciona con orificios de entrada (41) para la
15 introducción del gas de enfriamiento.