

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 380 961**

51 Int. Cl.:

C10L 5/44 (2006.01)

C10L 5/40 (2006.01)

C10B 53/02 (2006.01)

C10L 9/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07709151 .0**

96 Fecha de presentación: **08.01.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **1969099**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.09.2008**

54 Título: **Proceso y dispositivo para tratamiento de biomasa**

30 Prioridad:
06.01.2006 NL 1030864

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
21.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
21.05.2012

73 Titular/es:
**STICHTING ENERGIEONDERZOEK CENTRUM
NEDERLAND(ECN)
WESTERDUINWEG 3
1755 LE PETTEN, NL**

72 Inventor/es:
BERGMAN, Peter Christiaan Albert

74 Agente/Representante:
Tomas Gil, Tesifonte Enrique

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

ES 2 380 961 T3

DESCRIPCIÓN

Proceso y dispositivo para tratamiento de biomasa

5 [0001] La invención se refiere a un proceso para tratamiento de un material, como biomasa o desechos, comprendiendo:

- la provisión de un material que contiene una cantidad de humedad residual,
 - la provisión de un reactor de torrefacción,
 - el calentamiento del material en el reactor de torrefacción a una temperatura de torrefacción en una atmósfera
- 10 de oxígeno bajo en el reactor de torrefacción, donde el material se convierte en un material tostado.

[0002] La DE 3211590 se refiere a un proceso para torrefacción de un material, como biomasa. El material se suministra desde arriba a un reactor 1 (página 9, segundo párrafo; ver figura 2). El reactor 1 dispone de un tubo interior 3, que se extiende sobre la altura entera del reactor 1 y que se cierra en sus extremidades superiores e inferiores. El reactor 1 se divide en 13 en una zona de secado superior y una zona de torrefacción inferior. Un gas caliente se introduce en el tubo interior 3 vía la línea de distribución 5. El gas fluye transversalmente 8 ("*quer*") a través del material en la cámara de tratamiento 2 (ver página 9, último párrafo). El gas se retira en la cámara anular externa 11 vía las aberturas cubiertas 9.

15

[0003] La FR 2624876 divulga un reactor 1 con una cámara de secado 2 y una cámara de torrefacción 3 (ver figura 1). El flujo del gas en la cámara de torrefacción 3 está en contracorriente al material (página 12, líneas 12-17). Según página 10, línea 32 -página 11, línea 2 es ventajoso para el flujo de gas en la cámara de secado 2 estar en contracorriente al material también. La DE3041627 divulga un sistema similar a la descripción de FR2624876, en el que un flujo de contracorriente en la cámara de torrefacción se describe.

20

[0004] El término "materia prima" o "material" se usa aquí para indicar varios tipos de materiales o materias primas. En esta solicitud de patente, el término "materia prima" o "material" se refiere no solo a biomasa o desechos, sino también a cualquier materia orgánica. Debido a que el material contiene carbono es generalmente combustible. El material se puede derivar, por ejemplo, de residuos o desechos (agrícolas).

25

[0005] Este proceso es conocido. En el estado no tratado, muchos materiales están relativamente húmedos. El material contiene generalmente libre (no unidad) y (floja) agua fijada. El agua fijada o débilmente fijada se absorbe por la materia prima natural misma. Por ejemplo, biomasa de origen vegetal, como podas y césped segado, contiene una cantidad considerable de humedad por naturaleza.

30

[0006] Además, la biomasa puede estar muy mojada como resultado de lavarla o someterla a un tratamiento de agua alternativo para reducir el contenido de sal de la biomasa. La eliminación de sales es deseable, porque las sales en la biomasa usada como combustible lleva más rápidamente a formación de corrosión en la cámara de combustión de una central de electricidad. Estas sales también reducen la calidad de la ceniza producida durante la combustión del combustible de biomasa, lo que dificulta la utilización de esta ceniza. Sales hidrosolubles pueden lavarse en particular de biomasa de origen vegetal, como paja.

35
40

[0007] La materia prima normalmente tiene un contenido de humedad de 5-15%, es decir, una cantidad de humedad residual está contenida en el material. Este material con la humedad residual se introduce en el reactor de torrefacción. La torrefacción es un método de tratamiento termoquímico para material. En este método el material se calienta en una atmósfera gaseosa de oxígeno bajo (con cantidades subestequiométricas de oxígeno) o sin oxígeno, normalmente bajo presión atmosférica a una temperatura de 200-320°C. El defecto de oxígeno previene que el material arda. En cambio el material se tuesta, lo que conduce a pérdida de masa debido a la eliminación de gases. Esta pérdida de masa generalmente asciende a aproximadamente 30%, mientras el valor de energía solo se reduce por 10%. El combustible producido por torrefacción, por lo tanto, tiene un valor calórico más alto.

45
50

[0008] La torrefacción también causa cambios químicos en la estructura del material. El material pierde su fuerza mecánica y elasticidad, así es mucho más fácil de triturar. Además, el material tostado es hidrofóbico y este, por lo tanto, aguanta seco y es insensible a humedad atmosférica. El riesgo de putrefacción y sobrecalentamiento es muy pequeño cuando el material que ha sido producido por torrefacción se almacena.

55

[0009] La temperatura del material se eleva en el reactor de torrefacción. Antes de que la torrefacción del material pueda tener lugar, la humedad residual debe, no obstante, primero evaporarse del material. El material se secó prácticamente por completo en el reactor de torrefacción evaporando la humedad residual. La torrefacción real del material solo se desarrolla después de que la humedad residual se ha evaporado. La torrefacción empieza tan pronto como la temperatura del material luego excede de aproximadamente 200°C. La temperatura de torrefacción es, no obstante, generalmente más alta, siendo aproximadamente 250°C.

60

[0010] Una cantidad considerable de vapor se genera en el reactor de torrefacción cuando la humedad residual se evapora en el reactor de torrefacción. Esto puede llevar a una corriente de gas que se mueve relativamente rápido fluyendo en el reactor, que aumenta la caída de presión sobre el reactor. Además, la energía necesitada para evaporar la humedad residual es mucho mayor que la energía requerida para torrefacción. En particular, en un reactor de

65

torrefacción basado en contacto directo entre el gas y el material, una cantidad relativamente grande de gas caliente debe introducirse en el reactor de torrefacción a una alta temperatura de entrada, que además aumenta la cantidad de gas que tiene que pasar el reactor de torrefacción. Esto dificulta la implementación del método de tratamiento.

5 [0011] Un objeto de la invención es proporcionar un proceso mejorado para tratamiento de material.

[0012] Este objeto se consigue según la invención por el material con la humedad residual contenida en este secándose esencialmente por completo en una cámara de secado por evaporación de la humedad residual, y la torrefacción del material seco se realiza esencialmente en una cámara de torrefacción del reactor de torrefacción, y el material siendo
10 conducido a través del reactor de torrefacción en una dirección de transporte, y el secado del material en la cámara de secado siendo realizado por introducción en un gas de secado caliente que fluye a través de la cámara de secado en corriente paralela con el material, y la torrefacción del material en la cámara de torrefacción del reactor de torrefacción siendo realizada por introducción en un gas de torrefacción caliente que fluye a través de la cámara de torrefacción del reactor de torrefacción en contracorriente al material.

15 [0013] Según la invención, el material se seca en la cámara de secado, después de lo cual el material se tuesta en la cámara de torrefacción. La cámara de secado y la cámara de torrefacción forman dos espacios separados aquí. A diferencia de en el proceso conocido, la evaporación de humedad residual del material y la torrefacción del material según la invención, por lo tanto, forman dos fases separadas, cada una de los cuales puede optimizarse.

20 [0014] El material se seca casi completamente en la cámara de secado, que requiere una cantidad relativamente grande de energía. La evaporación de humedad residual del material es eficiente, debido al material y el movimiento de gas caliente en la corriente paralela entre sí. La cámara de secado se diseña específicamente para el secado del material.

25 [0015] Cuando un gas caliente se introduce, que está, por ejemplo, en contacto directo con el material, la temperatura del material en el reactor de torrefacción aumenta a una temperatura de torrefacción. Como este gas caliente fluye en contracorriente al material, la temperatura del gas caliente "sigue" la temperatura del material. La temperatura del material y la temperatura del gas caliente aumentan ambas en la dirección de transporte del material. La temperatura de entrada del gas caliente luego necesita solo estar un poco sobre la temperatura del material en la salida. Hay solo un riesgo muy pequeño de que se desarrollen "puntos calientes" en el material seco, o de torrefacción descontrolada o de que pirólisis tenga lugar. Solo una cantidad relativamente pequeña de energía necesita introducirse en la cámara de torrefacción, que permite una dosificación mejorada y/o buena sintonía de la entrada de energía. Como resultado, la temperatura de torrefacción en la cámara de torrefacción puede establecerse y controlarse con precisión.

35 [0016] Otra ventaja de la invención es que las temperaturas requeridas de los gases calientes introducidos, gas de secado y gas de torrefacción, son relativamente bajas. Esto facilita la producción de estos gases calientes. Por ejemplo, la temperatura del gas caliente introducido en la cámara de torrefacción está en el intervalo de 200-400°C, siendo, por ejemplo, aproximadamente 300°C. La torrefacción controlada puede llevarse a cabo en la cámara de torrefacción a esa temperatura. Además, la temperatura del gas caliente introducido en la cámara de secado puede estar en el intervalo de 40 150-600°C, siendo, por ejemplo, aproximadamente 350°C. Esta temperatura es especialmente adecuada para el secado casi completo del material, como a un contenido de humedad de $\leq 3\%$. Estas temperaturas son suficientemente bajas para producción usando, por ejemplo, un aceite térmico.

45 [0017] El reactor de torrefacción puede comprender la cámara de secado y la cámara de torrefacción. Cuando la cámara de secado y la cámara de torrefacción se colocan en el reactor de torrefacción, la cámara de secado y la cámara de torrefacción forman dos espacios de reacción del reactor de torrefacción. El secado del material por evaporación de la humedad residual se realiza esencialmente en el primer espacio de reacción, es decir, la cámara de secado, y la torrefacción del material se realiza esencialmente en el segundo espacio de reacción, es decir, la cámara de torrefacción. El material, de hecho, se seca casi por completo aquí por evaporación de la humedad residual en el reactor de torrefacción, pero el proceso en el reactor de torrefacción se separa según la invención en dos fases, cada una de las cuales puede optimizarse.

50 [0018] No obstante, es también posible según la invención alojar la cámara de secado en un secador de humedad residual y alojar la cámara de torrefacción en el reactor de torrefacción. En este caso, el secador de humedad residual forma un dispositivo separado, que se aloja separadamente del reactor de torrefacción. El secador de humedad residual puede ser así diseñado así para asegurar 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 completamente seco del secador de humedad residual en la cámara de torrefacción.

60 [0019] Es posible según la invención para el gas de secado, después de haberse movido en corriente paralela con el material y haber sido enfriado así para dejar la cámara de secado y ser introducido en un primer intercambiador de calor, esto calienta este gas de secado, después de lo que el gas de secado calentado por el primer intercambiador de calor se introduce en la cámara de secado, y el gas de torrefacción después de haber sido movido en contracorriente al material y haber sido enfriado así dejando la cámara de torrefacción y siendo introducido en un segundo intercambiador de calor, esto calienta este gas de torrefacción, después de lo que el gas de torrefacción que ha sido calentado por el
65 segundo intercambiador de calor se introduce en la cámara de torrefacción. En este caso, el gas de secado circula en

un primer circuito, mientras el gas de torrefacción circula en un segundo circuito. Usando dos circuitos, cada uno con su propio intercambiador de calor, es posible asegurar una recuperación de energía eficiente del gas de secado y el gas de torrefacción.

[0020] En particular, la provisión del material por el proceso según la invención comprende introducción de una materia prima relativamente mojada en un secador, y calentamiento del material en el secador para vaporizar humedad del material hasta que la cantidad de humedad residual permanece en este, el material que ha sido secado en el secador se introduce en la cámara de desecación. El material relativamente mojado tiene un contenido de humedad de, por ejemplo, más de 15%. El material relativamente mojado puede después secarse térmicamente en un secador, como un secador de tambor rotatorio, antes de introducirse en la cámara de secado del reactor de torrefacción o el secador de humedad residual. Como el material se calienta en el secador, la temperatura aumenta suficientemente para vaporizar la humedad del material. El material no se seca completamente en el secador, es decir, una cantidad de humedad residual se deja en el material. La humedad residual está formada principalmente por agua fijada en el material. En la práctica, energía se introduce en el secador hasta que el contenido de humedad del material es aproximadamente 10-15%. La biomasa es luego 85-90% seca. Reducir el contenido de humedad en el secador además reduciría el rendimiento del método de tratamiento entero. Por ejemplo, el secador no se adecúa para el secado del material además en una manera económicamente eficiente.

[0021] Ocasionalmente, material con un contenido de humedad superior a 15% puede, por supuesto, suministrarse también 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 aproximadamente 20%. Esta paja puede suministrarse directamente en el reactor de torrefacción según la invención sin secado preliminar. El secado de esta paja luego se desarrolla completamente en la cámara de secado del reactor de torrefacción según la invención. Recíprocamente, puede ser deseable a veces primero pre-secar en el material de secado que solo contiene una cantidad relativamente pequeña de humedad, como 5% o menos.

[0022] El material según la invención debería preferiblemente contener partículas sólidas que pasan a través del reactor de torrefacción en forma de un lecho móvil relleno. En este caso el reactor de torrefacción se acciona en el principio de tecnología de lecho móvil.

[0023] La invención también se refiere a un dispositivo para tratamiento de material, comprendiendo un reactor de torrefacción, al que material se puede suministrar que contiene una cantidad de humedad residual, este reactor de torrefacción dispone de una entrada para introducir este material en el reactor de torrefacción, medios de calentamiento para calentar el material en el reactor de torrefacción a una temperatura de torrefacción, medios de tratamiento de aire para crear un entorno de oxígeno bajo (con cantidades subestequiométricas de oxígeno) en el reactor de torrefacción donde el material se puede convertir en material tostado durante operación, y una salida para la eliminación de material tostado.

[0024] Según la invención, el reactor de torrefacción comprende una cámara de secado y una cámara de torrefacción, cuya cámara de secado se adapta para el secado esencialmente completo del material evaporando la humedad residual y cuya cámara de torrefacción se adapta para la torrefacción del material, y donde la cámara de torrefacción se localiza aguas abajo de la cámara de secado cuando se ve en la dirección de flujo del material, y donde la cámara de secado tiene al menos un orificio de entrada para gas de secado y al menos un orificio de salida para dicho gas de secado y cualquier gas y/o vapor formado durante evaporación de humedad residual, este orificio de entrada para gas de secado se localiza al final de la cámara de secado que está enfrente de la entrada y el orificio de salida se localiza al final opuesto de la cámara de secado, y donde la cámara de torrefacción tiene al menos un orificio de entrada para gas de torrefacción y al menos un orificio de salida para dicho gas de torrefacción y gas de torrefacción formado en el proceso de torrefacción, este orificio de entrada para gas de torrefacción se localiza al final de la cámara de torrefacción que está enfrente de la salida y el orificio de salida se localiza al final opuesto de la cámara de torrefacción.

[0025] El gas de secado y el gas de torrefacción son ambos gases calientes. El gas de secado caliente se destina para evaporación de la humedad residual en la cámara de secado, mientras el gas de torrefacción caliente se destina para el calentamiento del material casi completamente seco en la cámara de torrefacción a la temperatura de torrefacción requerida. Gases de torrefacción combustibles se forman durante el proceso de torrefacción en la cámara de torrefacción y se pueden quitar a través del orificio de salida.

[0026] Durante la operación, el material se conduce a través del reactor de torrefacción en una dirección de transporte. El material se seca en la cámara de secado por la introducción de un gas de secado caliente en esta a través de uno o más orificios de entrada en la cámara de secado. El gas de secado caliente fluye a través de la cámara de secado en corriente paralela con el material. La torrefacción del material en la cámara de torrefacción del reactor de torrefacción se realiza por introducción en esta de un gas de torrefacción caliente a través de uno o más orificios de entrada en la cámara de torrefacción. El gas de torrefacción caliente fluye a través de la cámara de torrefacción del reactor de torrefacción en contracorriente al material. El gas de secado y el gas de torrefacción fluyen el uno hacia el otro desde extremos opuestos del reactor de torrefacción. Estos gases se encuentran en los orificios de salida localizados entre los orificios de entrada de gas de secado y los orificios de entrada de gas de torrefacción. Esto asegura una separación de gas entre la cámara de secado y la cámara de torrefacción. La cámara de secado y cámara de torrefacción se localizan

en extremos opuestos de la separación de gas, la separación de gas delimita la cámara de secado y la cámara de torrefacción con respecto la una a la otra. A diferencia de en la técnica anterior, donde el material puede secarse casi completamente por evaporación de la humedad residual en el reactor de torrefacción, el proceso en el dispositivo según la invención puede dividirse en dos fases que se pueden ajustar en una manera óptima.

[0027] Cuando la cámara de secado y la cámara de torrefacción se alojan en el reactor de torrefacción, la cámara de secado y la cámara de torrefacción forman dos espacios separados en el mismo reactor de torrefacción. En una forma de realización alternativa, la cámara de secado se localiza, por ejemplo, en un secador de humedad residual y la cámara de torrefacción se localiza en el reactor de torrefacción. En este caso, el secador de humedad residual forma una entidad separada, que se aloja separadamente con respecto al reactor de torrefacción.

[0028] Es posible según la invención proporcionar un secador al que un material relativamente mojado puede suministrarse, este secador tiene medios de calentamiento para calentar este material con el fin de evaporar la humedad del material hasta que la cantidad de humedad residual permanezca en este, y el material seco en el secador pudiendo ser suministrado en la cámara de secado del reactor de torrefacción. Esto hace el dispositivo según la invención adecuado para manipulación de material relativamente mojado, por ejemplo, material con un contenido de humedad de aproximadamente 15%, 25% o más. El material relativamente mojado puede ser térmicamente pre-secado en el secador antes de ser suministrado en la cámara de torrefacción.

[0029] El dispositivo según la invención puede, por lo tanto, comprender dos secadores y una cámara de torrefacción. Los primeros secadores forman un secador preliminar que se utiliza para reducir el contenido de humedad, por ejemplo, aproximadamente 5-15%. El segundo secador está formado por la cámara de secado en el reactor de torrefacción o por el secador de humedad residual como se ha descrito anteriormente.

[0030] En una forma de realización de la invención, el reactor de torrefacción se une por una pared periférica, la cámara de secado y la cámara de torrefacción, extendiéndose como una continuación la una de la otra en la pared periférica. Cuando se ve en la dirección de flujo del material, la cámara de secado se localiza entre la entrada para material y la cámara de torrefacción, y la cámara de torrefacción se localiza entre la cámara de secado y la salida para material tostado.

[0031] En una forma de realización de la invención, el reactor de torrefacción se instala en la posición vertical, varios orificios de entrada que se proporcionan en la pared periférica, uno sobre el otro, para gas de secado. Este reactor de torrefacción puede ser, por ejemplo, vertical o esto se puede erigir en un ángulo. Ya que estos orificios se distribuyen alrededor de la periferia de la pared periférica, el gas puede penetrar en el material que se localiza central en la pared periférica. Se le da al material suficiente oportunidad para secado sobre su sección transversal entera en la pared periférica.

[0032] El material puede moverse desde arriba hacia abajo en la pared periférica bajo la influencia de la gravedad. No obstante, es también posible para el material fluir a través del reactor de torrefacción de abajo hacia arriba. Para este propósito un dispositivo de alimentación se provee, por ejemplo, como un elemento de tornillo o un pistón que se puede desplazar hacia arriba y abajo en la pared periférica. El dispositivo de alimentación puede localizarse exterior a la pared periférica caliente del reactor de torrefacción. La carga térmica del dispositivo de alimentación se reduce así.

[0033] En una forma de realización de la invención, la salida se conecta a una cámara de enfriamiento y el material tostado se puede introducir de la cámara de torrefacción en la cámara de enfriamiento. Por ejemplo, las dispositivo de alimentación empuja el material en la pared periférica del reactor de torrefacción hacia arriba hasta que el material alcanza una parte de rebosamiento. El material tostado se vuelca a lo largo del borde de la parte de rebosamiento y gotea más allá de esta en la cámara de enfriamiento. La cámara de enfriamiento se provee generalmente de orificios de entrada para gas de enfriamiento. El gas de enfriamiento enfría el material tostado.

[0034] La invención ahora se explicará además en relación con una forma de realización ejemplar ilustrada en las figuras.

- La fig. 1 muestra un diagrama de flujo de proceso esquemático para el proceso de tratamiento de biomasa según la invención.
- La fig. 2 muestra un gráfico en el que la temperatura de la biomasa, el contenido de humedad de la biomasa y la energía introducida en el proceso (en una base acumulativa) se fijan frente al tiempo.
- La fig. 3 muestra una vista en sección transversal de un reactor de torrefacción según la invención.
- La fig. 4 muestra un gráfico en el que la temperatura del gas de secado, el gas de torrefacción y la biomasa se fijan contra la distancia vertical en el reactor de torrefacción.
- La fig. 5 muestra un diagrama de proceso esquemático en el caso de una segunda forma de realización de un proceso para tratamiento de biomasa según la invención.

[0035] El diseño del proceso y dispositivo según la invención se describirá más adelante con la ayuda de las figuras para tratamiento de biomasa. No obstante, la invención no se limita a biomasa, sino se puede aplicar a todos los tipos

de material. Por ejemplo, varios materiales de movilidad baja, como desechos no biodegradables, se pueden tratar según la invención.

[0036] El dispositivo para tratar biomasa según la invención se indica en su integridad por 1. El dispositivo para tratamiento de biomasa I comprende en esta forma de realización un secador 3, que actúa como un secador preliminar. El secador 3 tiene una entrada 5 para la introducción de biomasa mojada en el secador 3. El secador 3 también tiene una entrada 6 para gas caliente, que está a una temperatura de, por ejemplo, aproximadamente 800°C.

[0037] El gas caliente introducido aumenta la temperatura de la biomasa en el secador 3, pero no reduce el contenido de humedad en la biomasa al principio. Esta fase se llama "pre-calentamiento" en la fig. 2. Como la temperatura aumenta, la humedad empieza a evaporarse de la biomasa. Cuando la temperatura de la biomasa alcanza la temperatura de evaporación, el agua fijada libre y floja se evapora de la biomasa, mientras la temperatura permanece prácticamente constante. Esta fase se llama "pre-secado" en la fig. 2. La biomasa se seca en el secador 3 hasta aproximadamente un 7-15% de contenido de humedad residual permanece en esta. El biomasa pre-secada entonces deja el secador 3 a través de una salida 7. La mayor parte de la energía de los gases calientes introducidos se usa para el secado de la biomasa, así su propia temperatura cae a 70-80°C. Los gases enfriados se quitan del secador 3 a través de una salida 8.

[0038] El dispositivo 1 para tratamiento de biomasa también comprende un reactor de torrefacción 10. El reactor de torrefacción según la invención tiene una entrada 11 que se conecta a la salida 7 del secador 3. La biomasa preseca puede por lo tanto introducirse en el reactor de torrefacción 10 a través de la entrada 11. El reactor de torrefacción 10 también tiene al menos un orificio de entrada 12. Un gas caliente fluye a través del orificio de entrada 12 en el reactor de torrefacción 10, de modo que transferencia de calor se desarrolla por contacto directo entre el gas caliente y la biomasa. No obstante, según la invención, el reactor de torrefacción puede también construirse para un intercambio de calor indirecto entre el gas caliente y la biomasa.

[0039] La fig. 2 muestra que la temperatura de la biomasa debe primero aumentar antes de que la torrefacción tenga lugar. Después de todo, la temperatura mínima necesitada para torrefacción es aproximadamente 200°C. Mientras la temperatura aumenta, el agua fijada se evapora de la biomasa hasta que la biomasa está prácticamente libre de humedad. Esta fase se llama "post-secado y calentamiento" en la fig. 2. Este post-secado y calentamiento se realiza según la invención en una cámara de secado del reactor de torrefacción, que se explicará con más detalle más adelante con la ayuda de la fig. 3.

[0040] La biomasa luego se tuesta (ver "torrefacción" en la fig. 2) en una cámara de torrefacción del reactor de torrefacción. Durante el proceso de torrefacción, la temperatura aumenta de aproximadamente 200°C hasta que una temperatura de torrefacción máxima T_{torf} se alcanza en el punto A en la fig. 2. La temperatura T_{torf} se puede regular y afecta a las propiedades del combustible de biomasa. La calidad de producto de la biomasa tostada se alcanza en el punto A, pero generalmente suficientes gases de torrefacción de combustible no se han formado aún. La temperatura de torrefacción máxima T_{torf} se mantiene más allá de este punto A, de modo que la cantidad de gases de torrefacción combustibles aumenta en el reactor de torrefacción 10. La calidad de la biomasa tostada se mejora también aquí además. Los gases de torrefacción combustibles dejan el reactor de torrefacción 10 a través de al menos un orificio de salida 14.

[0041] El orificio de salida 14 se conecta a una unidad de combustión 20 con la ayuda de un 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 esta, lo que da lugar a unos gases de combustión muy calientes. Los gases de combustión tienen una temperatura, por ejemplo, que se sitúa en el intervalo de 1000-1600°C, siendo, por ejemplo, 1200°C. La unidad de combustión 20 tiene una salida 24 para la eliminación de estos gases de combustión. La unidad de combustión 20 puede también tener una entrada 23 para combustible adicional. La entrada 23 es deseable, por ejemplo, cuando los gases de torrefacción no son combustibles o dan lugar a unos gases de combustible que no están suficientemente caliente.

[0042] El dispositivo I 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 gases de combustión calientes, esta entrada se conecta a la salida 24 de la unidad de combustión 20 con la ayuda de un tubo 25. Además, el intercambiador de calor 30 tiene una entrada 33 para gas de torrefacción. Del tubo 16 que conecta el reactor de torrefacción 10 a la cámara de combustión 20, hay una línea derivada 17 que va a la entrada 33 del intercambiador de calor 30. Un ventilador 18 se provee en la línea derivada 17. Por lo tanto, parte del gas de torrefacción que deja el reactor de torrefacción 10 fluye en el intercambiador de calor 30 a través de la línea derivada 17, el ventilador 18 y la entrada 33. La introducción de gases de combustión a través de la entrada 32 aumenta la temperatura del gas de torrefacción a aproximadamente 200-400°C. Como resultado de esto los gases de combustión se enfrían ellos mismos hasta aproximadamente 500- 1000°C. Los gases de combustión enfriados dejan luego el intercambiador de calor 30 a través de salida 34, que se conecta a la entrada 6 del secador 3.

[0043] El intercambiador de calor puede ser cualquiera del tipo directo o indirecto. En el caso de intercambio de calor directo, el gas de torrefacción y los gases de combustión están en contacto directo entre sí. En un intercambiador de

calor indirecto, los gases de combustión calientes a una temperatura de 1000-1600°C se utilizan para calentar, por ejemplo, un petróleo a 250-400°C, y el petróleo caliente luego se calienta el gas de torrefacción. Después de que este gas de torrefacción calentado fluye en la cámara de torrefacción a través del orificio de entrada 12.

5 [0044] La biomasa tostada se quita del reactor de torrefacción 10 a través de una salida 13. La biomasa tostada se conduce luego a un refrigerador 40, donde la biomasa puede enfriarse a temperatura ambiente. Esto se indica por "enfriamiento" en la fig. 2.

10 [0045] Aunque la fig. 1 muestra el reactor de torrefacción 10 esquemáticamente en forma de un único diagrama de bloques, el reactor de torrefacción 10 según la invención comprende al menos dos espacios de reactor. El primer espacio de reactor proporciona la cámara de secado, mientras el segundo espacio de reactor forma la cámara de torrefacción. El reactor de torrefacción 10 según la invención se muestra en la fig. 3 con más detalle.

15 [0046] El reactor de torrefacción 10 está esencialmente en la posición vertical cuando está en operación. El reactor de torrefacción 10 comprende una pared periférica 50, una sección inferior 51 y una sección superior 52. La entrada 11 para introducción de biomasa en el reactor de torrefacción 10 se localiza a un lado de la sección inferior 51. La sección inferior 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 el reactor de torrefacción se llena de biomasa durante operación.

20 [0047] 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 puede moverse a través de la entrada 11 para empujar la biomasa para el segundo pistón, que puede desplazarse hacia arriba y 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 recorrido, la válvula de soporte se mueve a la posición de soporte para sostener la biomasa en la pared periférica. El segundo pistón puede luego moverse hacia abajo, después de lo cual el primer pistón puede otra vez cargar una cantidad de biomasa en este. No obstante, el dispositivo de alimentación puede también diseñarse como un tornillo transportador. El diseño del dispositivo de alimentación 53 depende de la orientación de la reacción de torrefacción, que puede ser esencialmente vertical, inclinada o horizontal a un ángulo entre los dos.

30 [0048] 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 humedad residual de la biomasa, y un segundo espacio de reacción o cámara de torrefacción 55 para torrefacción de la biomasa. En esta forma de realización ejemplar, no hay separación física entre la cámara de secado 54 y la cámara de torrefacción 55 y los espacios de reacción 54 y 55 son continuos. La transición entre los espacios de reacción 54 y 55 se indican por la línea discontinua C. En esta forma de realización ejemplar, la cámara de secado 54 y la cámara de torrefacción 55, por lo tanto, son cámaras que no se incluyen, pero forman un espacio de secado continuo 54 y espacio de torrefacción 55.

40 [0049] La cámara de secado 54 se localiza por lo tanto entre la entrada de biomasa 11 y la cámara de torrefacción 55. La cámara de secado 54 tiene un número de orificios de entrada 12a para la introducción de un gas de secado caliente. 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 corriente paralela entre sí en la cámara de secado 54.

45 [0050] Ya que varios orificios de entrada 12a se colocan el uno sobre el otro, el gas de secado puede penetrar a la biomasa en la ubicación del núcleo en la pared periférica. El gas de secado que se introduce a través del orificio de entrada superior 12a forma una corriente de gas caliente a lo largo del interior de la pared periférica 50. Debido a este flujo, el gas de secado que ha sido introducido a través del orificio de entrada 12a por debajo del primero se fuerza a alejarse de la pared periférica 50 y se dirige radialmente hacia adentro. Esto se indica esquemáticamente por las flechas D. Esto asegura que no solo la biomasa por la pared periférica, sino también la biomasa en el medio es capaz de secarse completamente.

50 [0051] Vapor se genera durante el secado de la biomasa en la cámara de secado 54. Parte de este vapor y el gas de secado enfriado por evaporación dejan el reactor de torrefacción 10 a través de orificios de salida 15, localizados oblicuamente en la pared periférica 50. El vapor producido pasa preferiblemente en gran medida a la cámara de torrefacción 55 del reactor de torrefacción 10, debido a que el vapor contiene generalmente una cantidad considerable de compuestos orgánicos.

60 [0052] Cuando la biomasa traspasa el nivel indicado por la línea discontinua C, la biomasa está casi completamente seca, es decir, la humedad residual se ha evaporado casi completamente de la biomasa. El contenido de humedad de la biomasa es luego preferiblemente $\leq 3\%$. La temperatura de la biomasa ha aumentado aproximadamente 200°C al mismo tiempo. Por lo tanto, lo que ocurre sobre el nivel mostrado por la línea discontinua C es torrefacción. La biomasa se localiza luego en la cámara de torrefacción 55 para la torrefacción de la biomasa.

65 [0053] La cámara de torrefacción 55 tiene orificios de entrada 12b para gas de torrefacción, que se localizan en la sección superior 52 del reactor de torrefacción 10. El gas de torrefacción es el gas caliente introducido en la cámara de torrefacción para tostar la biomasa. El gas de torrefacción se derivada del intercambiador de calor 30 (ver Fig. 1), al

igual que el gas de secado. El gas de torrefacción fluye de los orificios de entrada 12b hacia abajo a través de la biomasa. El gas de torrefacción se mueve en contracorriente a la biomasa. En el segundo espacio de reacción 55, la biomasa se tuesta como esta se mueve ascendente. Como la biomasa se calienta a la temperatura de torrefacción máxima T_{torr} , gases de torrefacción combustibles se forman en el segundo espacio de reacción 55. La cantidad de gas de torrefacción combustible aumenta manteniendo esta temperatura durante algún tiempo. El gas de torrefacción introducido y los gases de torrefacción formados dejan el segundo espacio de reacción 55 a través de orificios de salida 14.

[0054] La mezcla gaseosa que deja el reactor de torrefacción 10 a través de los orificios de salida 14 por lo tanto contendrán relativamente poco vapor según la invención. El flujo en el tubo 16 y la línea derivada 17 (ver Fig. 1) están por lo tanto relativamente limitados, lo que reduce la potencia requerida del ventilador 18. Además, el gas de torrefacción combustible descargado se diluirá difícilmente con vapor de la cámara de secado 54, en todo caso. Esto tiene un efecto favorable en las propiedades de combustión en la unidad de combustión 20 (ver Fig. 1).

[0055] El reactor de torrefacción 10 tiene una parte de rebosamiento 58. Mientras la biomasa tostada se empuja sobre el borde de la parte de rebosamiento 58, sobrepasa a lo largo de la parte de rebosamiento 58 y cae en la unidad de enfriamiento 40. La unidad de enfriamiento tiene un orificio de entrada 41 para la introducción de gas de enfriamiento. La temperatura de biomasa tostada se reduce a temperatura ambiente en la cámara de enfriamiento 40. La biomasa enfriada deja la unidad de enfriamiento 40 a través de la salida 42.

[0056] La fig. 4 muestra la temperatura de la biomasa, el gas de secado y el gas de torrefacción como 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 la temperatura del gas de secado y la temperatura del gas de torrefacción se muestran por las líneas F y G, respectivamente. La separación entre la cámara de secado 54 y la cámara de torrefacción 55 se muestran otra vez por una línea discontinua C.

[0057] La fig. 4 se refiere al proceso según la invención como se describe en el caso de la figura 3. La biomasa y el gas de secado se mueven en la cámara de secado 54 en corriente paralela entre sí. Como resultado, la humedad residual se puede eliminar de la biomasa rápida y eficazmente. En la cámara de torrefacción 55, la biomasa y el gas de torrefacción introducido se mueven en contracorriente entre sí. Esto hace posible controlar la temperatura de torrefacción máxima con precisión.

[0058] La fig. 5 muestra una segunda forma de realización de un dispositivo para tratamiento de biomasa, donde los mismos números de referencia indican las mismas partes. La operación y construcción esencialmente corresponde al proceso y dispositivo para tratamiento de biomasa como se ha descrito anteriormente, y esta forma de realización también tiene las ventajas mencionadas arriba. La forma de realización ilustrada en la fig. 5 se describirá más adelante además de la siguiente manera.

[0059] El secador usado para el pre-secado de la biomasa no se muestra en la fig. 5. La biomasa, si pre-secada o no, se introduce en el reactor de torrefacción 10 a través de la entrada 11. El reactor de torrefacción 10 es esencialmente vertical. En la pared periférica 50, la biomasa se mueve hacia abajo bajo la influencia de gravedad. Después de todo, la entrada 11 se localiza en la sección superior 52 del reactor de torrefacción 10, mientras la salida 13 está en su sección inferior 51.

[0060] La sección superior del reactor de torrefacción 10 forma la cámara de secado 54, mientras la sección inferior del reactor de torrefacción 10 define la cámara de torrefacción 55. La cámara de secado 54 está localizada entre la entrada de biomasa 11 y la cámara de torrefacción 55. La cámara de torrefacción 55 está delimitada entre la cámara de secado 54 y la salida de biomasa 13.

[0061] La cámara de secado 54 tiene uno o más orificios de entrada 12a. Un gas de secado caliente fluye en la cámara de secado 54 del reactor de torrefacción 10 a través de los orificios de entrada 12a, de modo que transferencia de calor se desarrolla por contacto directo entre el gas de secado caliente y la biomasa. No obstante, la cámara de secado puede también diseñarse según la invención para intercambio de calor indirecto entre el gas de secado caliente y la biomasa. El gas de secado y la biomasa se mueven en la cámara de secado 54 en corriente paralela entre sí. Preferiblemente varios orificios de entrada 12a, se proveen uno sobre el otro, de modo que el gas de secado puede penetrar a la biomasa en la ubicación del núcleo (no mostrado en la fig. 5).

[0062] El gas de secado caliente aumenta la temperatura de la biomasa en la cámara de secado 54 y evapora el agua fijada de la biomasa hasta que la biomasa está casi libre de humedad. Esta fase se indica en la fig. 2 por "post-secado y calentamiento". El gas de secado caliente se enfría en el proceso. El gas de secado enfriado, y posiblemente el gas y/o vapor formado en la evaporación de humedad residual, deja la cámara de secado 54 a través de los orificios de salida 15. El gas de secado 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 se introduce luego de nuevo en la cámara de secado 54 a través de los orificios de entrada 12a. Esto forma un primer circuito 203, en el que el gas de secado circula.

[0063] La biomasa desciende de la cámara de secado 54 a la cámara de torrefacción 55 del reactor de torrefacción, es decir, la biomasa traspasa el nivel indicado por la línea discontinua C. La biomasa se seca luego casi completamente, es decir, la humedad residual se ha evaporado casi completamente de la biomasa. La biomasa ahora contiene, por ejemplo, $\leq 3\%$ de humedad. La temperatura de la biomasa habrá aumentado a aproximadamente 200°C al mismo tiempo.

[0064] Un gas de torrefacción caliente pasa en la cámara de torrefacción 55 a través de los orificios de entrada 12b. El gas de torrefacción es el gas caliente que se introduce en la cámara de torrefacción 55 para tostar la biomasa. El gas de torrefacción mueve de los orificios de entrada 12b hacia arriba a través de la biomasa. El gas de torrefacción y la biomasa se mueven en contracorriente entre sí. En el segundo espacio de reacción 55, es decir, por debajo del nivel indicado por la línea discontinua C, la biomasa se tostará mientras esta se mueve hacia abajo.

[0065] Gases de torrefacción combustibles se forman cuando la biomasa se calienta a la temperatura de torrefacción máxima T_{torr} en el segundo espacio de reacción 55. La cantidad de gas de torrefacción combustible aumenta manteniendo esta temperatura durante algún tiempo. El gas de torrefacción introducido y los gases de torrefacción formados dejan la cámara de torrefacción 55 a través de los orificios de salida 14.

[0066] Los orificios de salida 14 se conectan al tubo 16 con la ayuda de una línea derivada, y el tubo 16 se conecta a una unidad de combustión 20 (no mostrado en la fig. 5). Los orificios de salida 14 son asimismo conectados a un segundo intercambiador de calor 201, y parte del gas de torrefacción formado pasa al segundo intercambiador de calor 201. El intercambiador de calor 201 calienta el gas de torrefacción, y el gas de torrefacción calentado se introduce en la cámara de torrefacción 55 a través de los orificios de entrada 12b. En esta forma de realización ejemplar, el gas de torrefacción formado se usa como el gas de torrefacción. Este gas se recircula en un segundo circuito 205.

[0067] El perfil de temperatura mostrado en la fig. 4 también se aplica a la forma de realización ilustrada en la fig. 5. La biomasa y el gas de secado se mueven en la cámara de secado 54 en corriente paralela entre sí. Como resultado la humedad residual se puede eliminar de la biomasa rápida y eficazmente. En la cámara de torrefacción 55 la biomasa y el gas de torrefacción suministrado se mueven en contracorriente entre sí. Esto hace posible controlar la temperatura de torrefacción máxima con precisión.

[0068] El calentamiento del gas de secado y el gas de torrefacción en los intercambiadores de calor respectivos 200 y 201 pueden llevarse a cabo con la ayuda de un tercer circuito 209, que comprende una unidad de calentamiento 207. La unidad de calentamiento 207 puede ser, por ejemplo, una caldera de aceite, en cuyo caso petróleo caliente circula en el tercer circuito 209, incluyendo los intercambiadores de calor 200 y 201. Este se hace posible por el uso de un flujo de corriente paralela en la cámara de secado 54 y un flujo de contracorriente en la cámara de torrefacción 55, en cuyo caso las temperaturas del gas de secado y el gas de torrefacción permanecen relativamente bajas.

[0069] La biomasa tostada se quita del reactor de torrefacción 10 a través de la salida 13. La biomasa tostada se transfiere luego a un refrigerador 40 (no mostrado en la fig. 5), donde la biomasa se puede enfriar hasta temperatura ambiente. Esto se indica en la fig. 2 por "enfriamiento".

[0070] La invención, por supuesto, no se restringe a las formas de realización anteriormente descritas. Basándose en procesos conocidos, por ejemplo, el experto será capaz de introducir varias modificaciones dentro del campo de la invención. Por ejemplo, la cámara de secado 54 y la cámara de torrefacción 55 pueden hacerse como entidades separadas, conectadas entre sí por un tubo. La cámara de secado 54 se aloja luego en un secador de humedad residual separado, mientras la cámara de torrefacción 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. Hay luego también una separación física entre la cámara de secado 54 y la cámara de torrefacción 55, a diferencia de en la forma de realización mostrada en la fig. 3.

REIVINDICACIONES

1. Proceso para tratamiento de un material, como biomasa o desechos, comprendiendo:

- la provisión de un material que contiene una cantidad de humedad residual,
- la provisión de un reactor de torrefacción (10),
- el calentamiento del material en el reactor de torrefacción (10) a una temperatura de torrefacción en una atmósfera de oxígeno bajo en el reactor de torrefacción (10), donde el material se convierte en un material tostado,

caracterizado por el hecho de que el material con la humedad residual contenida en éste se seca esencialmente por completo en una cámara de secado (54) por evaporación de la humedad residual, y la torrefacción del material seco se realiza esencialmente en una cámara de torrefacción (55) del reactor de torrefacción (10), y el material se conduce 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 realiza por introducción en ésta de un gas de secado caliente que fluye a través de la cámara de secado (54) en corriente paralela con el material, y la torrefacción del material en la cámara de torrefacción (55) del reactor de torrefacción se realiza por introducción en ésta de un gas de torrefacción caliente que fluye a través de la cámara de torrefacción (55) del reactor de torrefacción (10) en contracorriente al material.

2. Proceso según la reivindicación 1, en el que el reactor de torrefacción (10) comprende la cámara de secado (54) y la cámara de torrefacción (55).

3. Proceso según la reivindicación 1, en el que la cámara de secado se aloja en un secador de humedad residual y la cámara de torrefacción se aloja en el reactor de torrefacción.

4. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el material contiene partículas sólidas que se mueven a través del reactor de torrefacción (10) en forma de un lecho móvil relleno.

5. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el gas de secado después de haberse movido en corriente paralela con el material y haberse enfriado así, deja la cámara de secado y se introduce en un primer intercambiador de calor, que calienta este gas de secado, después de que el gas de secado calentado por el primer intercambiador de calor se introduce en la cámara de secado (54), y el gas de torrefacción, después de que se ha movido en contracorriente al material y se ha enfriado así, deja la cámara de torrefacción y se introduce en un segundo intercambiador de calor, que calienta este gas de torrefacción, después de que el gas de torrefacción se ha calentado por el segundo intercambiador de calor se introduce en la cámara de torrefacción (55).

6. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la provisión del material comprende introducción de una materia prima relativamente mojada en un secador (3), y calentamiento del material en el secador (3) para evaporar la humedad del material hasta que la cantidad de humedad residual permanece en el material, el material que se ha secado en el secador (3) se introduce en la cámara de secado (54).

7. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la temperatura del gas caliente introducido en la cámara de torrefacción (55) está en el intervalo de 200-400°C, por ejemplo, aproximadamente 300°C.

8. Proceso según 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 50-600°C, por ejemplo, aproximadamente 350°C.

9. Dispositivo para tratamiento de un material, como biomasa o producto de desechos, este dispositivo comprende un reactor de torrefacción (10) que se puede alimentar con material que contiene una cantidad de humedad residual, este reactor de torrefacción (10) dispone de una entrada (11) para introducción de este material en el reactor de torrefacción (10), medios de calentamiento (12) para calentar el material en el reactor de torrefacción (10) a una temperatura de torrefacción, medios de tratamiento de aire para crear una atmósfera de oxígeno bajo en el reactor de torrefacción donde el material se puede convertir en material tostado durante el funcionamiento, y una salida (13) para la eliminación de material tostado,

caracterizado por el hecho de que el reactor de torrefacción (10) comprende una cámara de secado (54) y una cámara de torrefacción (55), esta cámara de secado (54) se adapta para el secado esencialmente completo del material por evaporación de la humedad residual y esta cámara de torrefacción (55) se adapta para la torrefacción del material, y donde la cámara de torrefacción (55) se localiza aguas abajo de la cámara de secado (54) cuando se ve en la dirección de flujo del material, y donde la cámara de secado (54) tiene al menos un orificio de entrada (12a) para gas de secado y al menos un orificio de salida (15) para dicho gas de secado y posiblemente gas y/o vapor formado durante evaporación de humedad residual, este orificio de entrada (12a) para gas de secado se localiza al final de la cámara de secado (54) que está frente a la entrada (11), y el orificio de salida (15) se localiza en el final opuesto de la cámara de secado (54), y donde la cámara de torrefacción (55) tiene al menos un orificio de entrada (12b) para gas de torrefacción y al menos un orificio de salida (14) para dicho gas de torrefacción y gas de torrefacción formado en el proceso de torrefacción, este

orificio de entrada (12b) para gas de torrefacción se localiza al final de la cámara de torrefacción (55) que está frente a la salida (13) y el orificio de salida (14) se localiza en el final opuesto de la cámara de torrefacción (55).

- 5 10. Dispositivo según la reivindicación 9, que comprende dos intercambiadores de calor, en el que el primer intercambiador de calor se provee para el calentamiento del gas de secado y se conecta al orificio de entrada y el orificio de salida de la cámara de secado para formar un circuito de gas de secado, y el segundo intercambiador de calor se provee para el calentamiento del gas de torrefacción y se conecta al orificio de entrada y el orificio de salida de la cámara de torrefacción para formar un circuito de gas de torrefacción.
- 10 11. Dispositivo según la reivindicación 9 o 10, en el que se provee un secador (3) que se puede alimentar con un material relativamente mojado, que se equipa con medios de calentamiento (6) para calentamiento de este material para evaporar humedad del material hasta que la cantidad de humedad residual permanece en el material, y donde el secador (3) se conecta a la cámara de secado (54) para la introducción del material seco en el secador (3) en la cámara de secado (54).
- 15 12. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 9-11, donde, cuando se ve en la dirección de flujo del material, la cámara de secado (54) se localiza entre la entrada (11) para material y la cámara de torrefacción (55), y la cámara de torrefacción (55) se localiza entre la cámara de secado (54) y la salida (13) para material tostado.
- 20 13. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 9-12, donde el reactor de torrefacción (10) se delimita por una pared periférica (50), y la cámara de secado (54) y la cámara de torrefacción (55) se extienden como una continuación la una de la otra en la pared periférica (50).
- 25 14. Dispositivo según la reivindicación 13, en el que el reactor de torrefacción (10) se instala en la posición vertical, y en el que hay previstos un número de orificios de entrada (12a) en la pared periférica (50), uno sobre el otro, para la introducción de gas de secado.
- 30 15. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 9-14, en el que la salida (13) se conecta a una cámara de enfriamiento (40), y en el que el material tostado se puede introducir desde la cámara de torrefacción (55) en la cámara de enfriamiento (40).
16. Dispositivo según la reivindicación 15, en el que la cámara de enfriamiento (40) dispone de orificios de entrada (41) para la introducción de gas de enfriamiento.

Fig 1

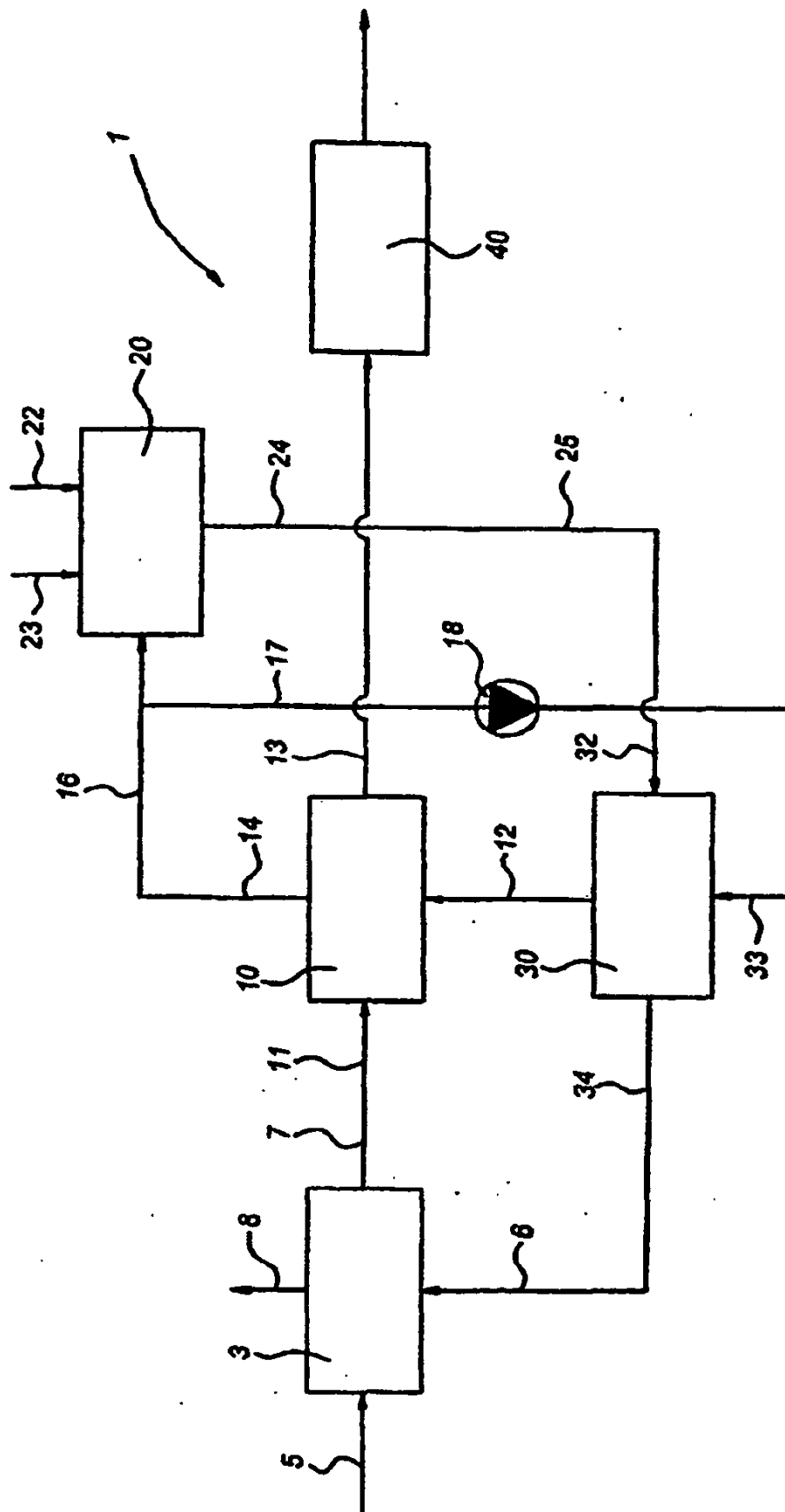


Fig 2

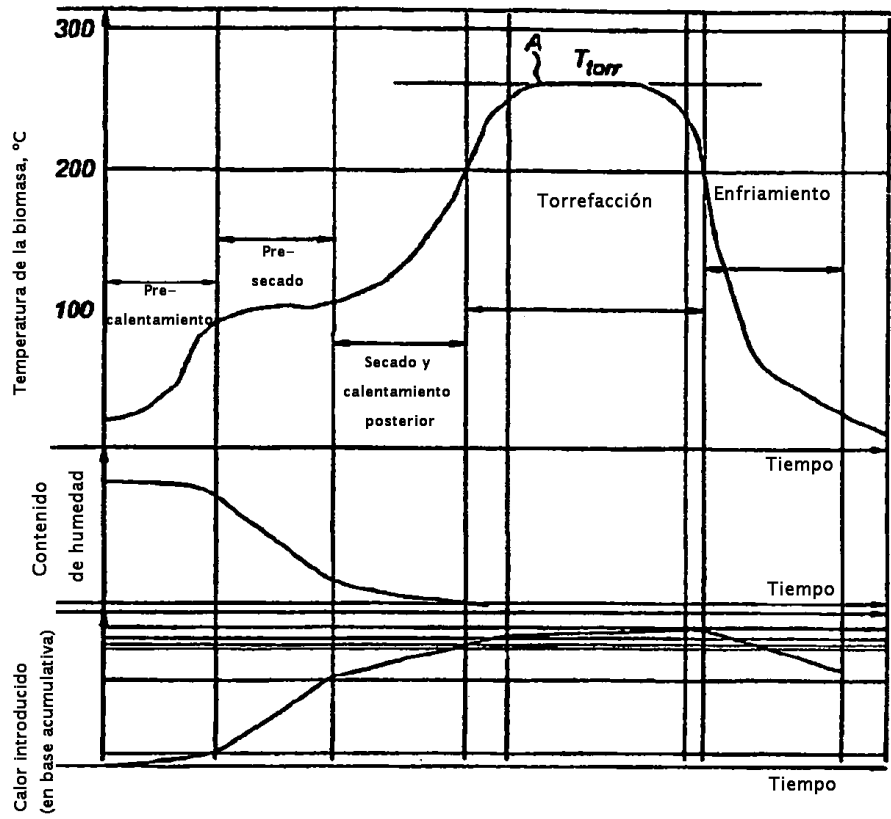


Fig 3

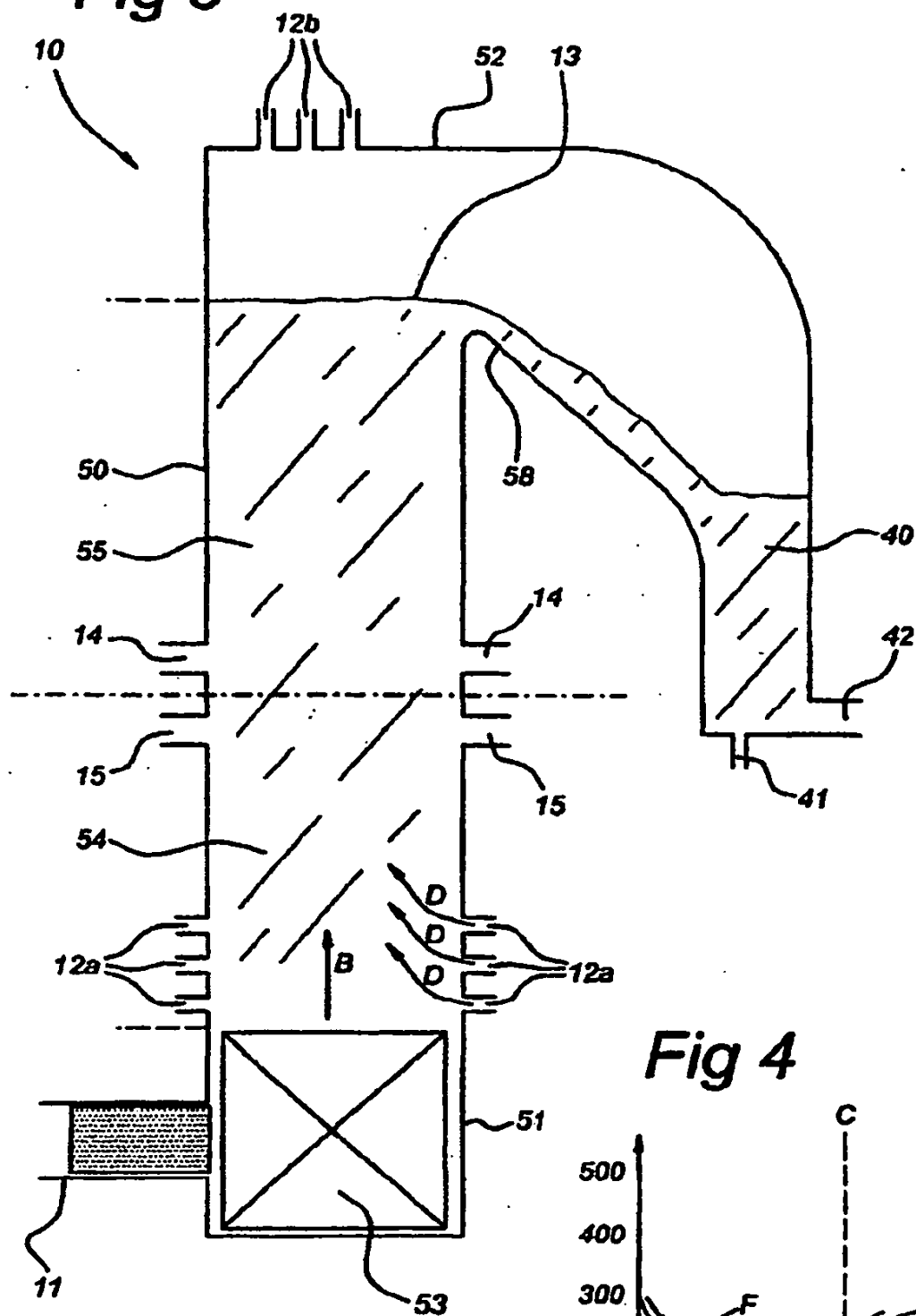


Fig 4

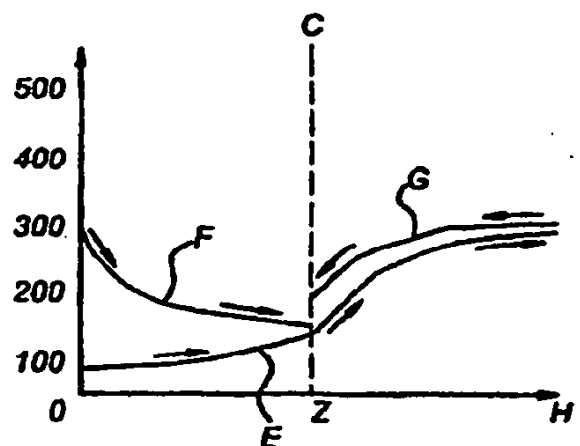


Fig 5

