

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 693 506**

51 Int. Cl.:

C10L 9/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.05.2012 PCT/SE2012/050527**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.11.2012 WO12158112**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.05.2012 E 12766336 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 2710101**

54 Título: **Método para enfriar y aumentar el rendimiento energético de un producto torrefacto**

30 Prioridad:

18.05.2011 SE 1150463

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

12.12.2018

73 Titular/es:

**BIOENDEV AB (100.0%)
Box 224
901 05 Umeå, SE**

72 Inventor/es:

**OLOFSSON, INGEMAR;
NORDWAEGER, MARTIN;
HÅKANSSON, KATARINA;
NORDIN, ANDERS y
POMMER, LINDA**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 693 506 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método para enfriar y aumentar el rendimiento energético de un producto torrefacto

5 Campo técnico

La presente invención se relaciona con el campo de la torrefacción de biomasa. En particular, se relaciona con un método y un sistema para un enfriamiento eficiente del material torrefacto que también aumenta el rendimiento energético y la hidrofobicidad del producto torrefacto y disminuye la obstrucción del dispositivo de enfriamiento.

10

Antecedentes

Para poder competir con y reemplazar los transportadores de energía de combustibles fósiles tal como el carbón, el petróleo y el gas natural, la biomasa lignocelulósica se beneficiaría de alguna forma del método de tratamiento previo para superar los inconvenientes inherentes. Se ha demostrado que la torrefacción del método de tratamiento previo mejora las cualidades del combustible de biomasa, tal como la densidad de energía, el contenido de agua y las propiedades de molienda, alimentación e hidrófobas [1-4]. Estas mejoras establecen la torrefacción como un proceso clave para facilitar un mercado en expansión para las materias primas de biomasa. La torrefacción es un método de tratamiento térmico que normalmente se realiza en una atmósfera sustancialmente inerte (libre de oxígeno) a una temperatura de aproximadamente 220-600°C. Durante el curso del proceso, a partir de la materia prima de biomasa se produce un gas combustible que comprende diferentes compuestos orgánicos, además de la biomasa torrefacto.

15

20

Se puede decir que el proceso de producción de un material torrefacto a partir de biomasa lignocelulósica incluye cuatro etapas:

25

1) un paso de secado, en el que se elimina el agua libre retenida en la biomasa;

30

2) un paso de calentamiento en la que se libera agua ligada físicamente y la temperatura del material se eleva a la temperatura de torrefacción deseada;

35

3) una etapa de torrefacción, en la que el material es en realidad torrefacto y que comienza cuando la temperatura del material alcanza aproximadamente 220°C -230°C. Durante esta etapa, la biomasa se descompone parcialmente y libera diferentes tipos de compuestos volátiles, tal como hidroxiacetona, metanol, propanal, ácidos carboxílicos cortos, etc. En particular, la etapa de torrefacción se caracteriza por la descomposición de la hemicelulosa a temperaturas de 220°C -230°C, y a temperaturas de torrefacción más altas, la celulosa y la lignina también comienzan a descomponerse y liberar compuestos volátiles; la celulosa se descompone a una temperatura de 305-375°C y la lignina se descompone gradualmente en un intervalo de temperatura de 250-500°C;

40

4) un paso de enfriamiento para terminar el proceso y facilitar el manejo. El proceso de torrefacción finaliza tan pronto como el material se enfría por debajo de 220 °C -230 °C.

45

El documento US 6,374,513 divulga un proceso para el tratamiento térmico de material lignocelulósico donde el material se precalienta y se seca a una temperatura cercana a la temperatura de vaporización del agua, se calienta en una atmósfera reducida y se enfría mediante la inyección de vapor de agua. Esto se realiza rociando agua, utilizando el quemador, en la cámara de combustión. El efecto de esto es disminuir la temperatura en la cámara de tratamiento sin que esto genere cualquier choque térmico.

50

Resumen de la presente divulgación.

55

Durante el proceso de enfriamiento del material torrefacto, el material continúa liberando gases hasta que la temperatura del material disminuye por debajo de aproximadamente 200°C. Sin embargo, el material debe enfriarse aún más por debajo de 130°C para garantizar temperaturas seguras de autoignición. Por lo tanto, en la técnica anterior, el material torrefacto se enfrió directamente en un dispositivo de enfriamiento, como un enfriador de tornillo, para disminuir la temperatura a menos de 130°C, véase, por ejemplo el documento WO2009/151367 A1. Un problema con este enfoque es que los gases liberados del material torrefacto durante el proceso de enfriamiento se condensarán en las superficies frías dentro del dispositivo de enfriamiento, lo que dará lugar a ensuciamiento u obstrucción de dicho dispositivo. Otro inconveniente con esta solución es que el dispositivo de enfriamiento debe ser bastante grande y, por lo tanto, costoso, ya que la temperatura del material torrefacto debe reducirse desde la temperatura de torrefacción, hasta la temperatura de manejo segura, es decir, por debajo de 130 °C. Otro problema con los procesos de enfriamiento del material torrefacto descrito en la técnica anterior es que los gases liberados durante el proceso de enfriamiento conducen a una disminución en el rendimiento energético del producto torrefacto.

60

65

Por lo tanto, existe una demanda de un método mejorado para enfriar material torrefacto. Los presentes inventores han resuelto los problemas descritos anteriormente mediante un método para enfriar material torrefacto, que incluye la aplicación de agua al material torrefacto para enfriar rápidamente el material y luego enfriar más el material

torrefacto y al menos parte de los gases de torrefacción, emitidos por el material, en un dispositivo de enfriamiento común, de tal manera que los componentes de los gases de torrefacción se condensan en el material torrefacto dentro del dispositivo de enfriamiento común. El método tiene varias ventajas en comparación con los métodos descritos en la técnica anterior:

5 1) Dado que el material inicialmente se enfría rápidamente con agua, debe tomar lugar menos enfriamiento en el dispositivo de enfriamiento y, por lo tanto, el dispositivo de enfriamiento podría mantenerse más pequeño y, por lo tanto, más barato.

10 2) Mediante la introducción de vapor y gases de torrefacción, en particular los gases húmedos formados durante y después del enfriamiento rápido con agua, en el dispositivo de enfriamiento, se aumenta el efecto de enfriamiento dentro del dispositivo de enfriamiento. Esto también facilita el uso de un dispositivo de refrigeración más pequeño.

15 3) Dado que el material ya está refrigerado cuando ingresa al dispositivo de enfriamiento, los gases emitidos por el material dentro del dispositivo de enfriamiento y los gases de torrefacción introducidos en el dispositivo de enfriamiento se condensarán en el material torrefacto frío, lo que disminuirá la condensación en las superficies frías dentro del dispositivo enfriamiento que a su vez disminuye la obstrucción de dicho dispositivo de refrigeración.

20 4) La condensación de gases en el material torrefacto aumenta el rendimiento energético del producto final torrefacto,

5) La condensación de los gases en el material torrefacto aumenta la hidrofobicidad del producto final torrefacto, que a menudo es una característica muy deseada de los productos torrefacto.

25 Por consiguiente, la presente invención se relaciona con un método de torrefacción, que comprende los pasos de:

a) someter una biomasa opcionalmente tratada previamente a torrefacción para producir un material torrefacto que tiene una temperatura superior a 220°C y gases de torrefacción;

30 b) aplicar agua al material torrefacto para reducir la temperatura del material torrefacto, siempre que la temperatura no sea inferior a 120°C, preferiblemente no inferior a 150°C, más preferiblemente no inferior a 190°C

35 c) enfriar aún más el material torrefacto y al menos parte de los gases de torrefacción generados a partir del material durante el paso b) y/o antes del paso b) y/o después del paso b) en un dispositivo de enfriamiento común de tal manera que los componentes de los gases de torrefacción se condensan en el dispositivo de enfriamiento común.

En otro aspecto, la invención se relaciona con un sistema para enfriar un material torrefacto, que comprende:

40 un reactor de torrefacción para convertir una biomasa opcionalmente tratada previamente en un material torrefacto que tiene una temperatura superior a 250°C y gases de torrefacción, comprendiendo dicho reactor de torrefacción un salida;

45 un dispositivo de aplicación de agua para aplicar agua al material torrefacto desde el reactor de torrefacción, estando dispuesto dicho dispositivo de aplicación de agua en o en conexión con la salida del reactor de torrefacción;

50 un dispositivo de enfriamiento para enfriar aún más el material torrefacto y al menos parte de los gases de torrefacción generados en el reactor de torrefacción o el dispositivo de aplicación de agua, estando provisto dicho dispositivo de enfriamiento con medios para guiar el material torrefacto y la al menos parte de los gases de torrefacción a una entrada del dispositivo de enfriamiento.

Breve descripción de las figuras.

55 La Figura 1 a. muestra un reactor de torrefacción, conectado a una disposición para enfriar material torrefacto que comprende un dispositivo de aplicación de agua y un dispositivo de enfriamiento para enfriamiento adicional.

La Figura 1 b. muestra una disposición para enfriar un material torrefacto, que comprende un dispositivo de aplicación de agua y un dispositivo de enfriamiento para enfriamiento adicional.

Las Figuras 2a y 2b muestran dos disposiciones de torrefacción diferentes.

60 Las Figuras 3 y 4 muestran el tiempo y la temperatura de una biomasa en un reactor de torrefacción conectado a una disposición para enfriar material torrefacto. La flecha indica el enfriamiento del agua.

Definiciones:

5 Torrefacción: un método de tratamiento térmico previo que tiene lugar en una atmósfera virtualmente inerte (oxígeno reducido o sin oxígeno) a una temperatura superior a 220°C pero inferior a 600°C y que produce una biomasa torrefacto y gases combustibles. Durante una etapa de torrefacción, partes de la biomasa, en particular la hemicelulosa, se descomponen y liberan diferentes tipos de compuestos orgánicos volátiles. En un proceso de torrefacción a partir de biomasa cruda, la etapa de torrefacción real está precedida por una etapa de secado en la que se elimina el agua libre retenida en la biomasa y por una etapa de calentamiento en la que la biomasa se calienta a la temperatura de torrefacción deseada.

10 Zona de secado: una región específica de un compartimento en una disposición de torrefacción, situada corriente arriba de una zona de calentamiento en relación con una entrada de biomasa de una disposición de torrefacción, que comprende medios para regular la temperatura en dicha región específica y en la que se seca una biomasa a un contenido de agua inferior al 10% antes de calentar.

15 Zona de calentamiento: una región específica de un compartimento en una disposición de torrefacción, situada corriente arriba de una zona de torrefacción en relación con una entrada de biomasa de una disposición de torrefacción, que comprende medios para regular específicamente la temperatura en dicha región específica y en la que la temperatura de una biomasa se incrementa a una temperatura cercana a la temperatura de torrefacción deseada antes de la torrefacción.

20 Zona de torrefacción: una región específica de un compartimento en una disposición de torrefacción, situada corriente abajo de una zona de calentamiento en relación con una entrada de biomasa de una disposición de torrefacción, que comprende medios para regular específicamente la temperatura en dicha región específica y en la que la temperatura de una biomasa previamente calentada se mantiene virtualmente constante a la temperatura de torrefacción deseada durante un tiempo de torrefacción deseado en el que la temperatura de torrefacción deseada está en un intervalo entre 220 °C y 600 °C.

25 Zona de conexión: una región específica en una disposición de torrefacción situada inmediatamente corriente arriba de una zona de calentamiento e inmediatamente corriente abajo de una zona de torrefacción en relación con una entrada de biomasa de dicha disposición de torrefacción.

30 Tiempo de torrefacción: el tiempo en que la temperatura del material se mantiene virtualmente constante a la temperatura de torrefacción. El tiempo de residencia del material en la zona de torrefacción se puede denominar tiempo de torrefacción.

35 Descripción detallada

40 En un primer aspecto, la invención se relaciona con un método de torrefacción, que comprende los pasos de:

a) someter una biomasa opcionalmente tratada previamente a torrefacción para producir un material torrefacto que tiene una temperatura superior a 220°C y gases de torrefacción;

45 b) aplicar agua al material torrefacto para reducir la temperatura del material torrefacto, siempre que la temperatura no sea reducida menos de 120°C, preferiblemente no menos de 150°C, más preferiblemente no menos de 190°C

50 c) enfriar aún más el material torrefacto y al menos parte de los gases de torrefacción generados durante el paso a) y/o b) en un dispositivo de enfriamiento común, de manera que los componentes de los gases de torrefacción se condensen en el dispositivo de enfriamiento común.

55 En una realización, los gases de torrefacción se desvían del dispositivo de enfriamiento común durante el paso c), antes de que se complete el enfriamiento del material torrefacto. En otra realización, los gases de torrefacción se desvían durante el paso c), cuando tienen una temperatura superior al punto de rocío del agua, tal como por encima de 80°C, como 100-200°C, tal como 150-200°C. De esta manera, se permite que los componentes orgánicos se condensen mientras que se puede evitar la condensación de agua. Los gases desviados pueden ser quemados para la recuperación de calor.

60 De acuerdo con otra realización, el material torrefacto producido en el paso a) tiene una temperatura superior a 220 °C, tal como 220-600 °C, tal como 240-500 °C, tal como 240-400 °C, tal como 240-350 °C, tal como 270-350 °C, antes del paso b). En otra realización, la temperatura del material torrefacto se reduce a menos de 250 °C, preferiblemente por debajo de 220 °C, en el paso b). En otra realización, la temperatura del material torrefacto se reduce a 150-220 °C en el paso b). En otra realización, la temperatura del material torrefacto se reduce a por debajo de 130°C, preferiblemente por debajo de 100°C en el paso c).

65 En una realización, la biomasa es biomasa lignocelulósica, tal como material de madera. Una forma particularmente preferida de biomasa para la presente invención son las astillas de madera.

Otro aspecto de la invención se relaciona con un sistema para enfriar un material torrefacto, que comprende:

- 5 un reactor de torrefacción para convertir una biomasa opcionalmente tratada previamente en un material torrefacto que tiene una temperatura superior a 250°C y gases de torrefacción, comprendiendo dicho reactor de torrefacción una salida;
- 10 un dispositivo de aplicación de agua para aplicar agua al material torrefacto desde el reactor de torrefacción, estando dispuesto dicho dispositivo de aplicación de agua en o en conexión con la salida del reactor de torrefacción;
- 15 un dispositivo de enfriamiento para enfriar aún más el material torrefacto y al menos parte de los gases de torrefacción generados en el reactor de torrefacción y/o dispositivo de aplicación de agua, estando provisto dicho dispositivo de enfriamiento con medios para guiar el material torrefacto y la al menos parte de los gases de torrefacción a una entrada del dispositivo de refrigeración.
- 20 De acuerdo con una realización, el medio para guiar la al menos parte de los gases de torrefacción es un ventilador dispuesto en conexión con una salida del dispositivo de enfriamiento. Un ventilador de este tipo crea una baja presión en el dispositivo de enfriamiento, que absorbe los gases de torrefacción en el dispositivo de enfriamiento. En una realización, el dispositivo de enfriamiento comprende una primera salida para gases y una segunda salida para material torrefacto, en el que la primera salida está ubicada corriente arriba de la segunda salida. Si se usa un ventilador en una realización de este tipo, preferiblemente se conecta a la primera salida. En una realización, el dispositivo de refrigeración es un intercambiador de calor indirecto tal como un enfriador de tornillo. Aunque una gran parte de los gases dentro del dispositivo de enfriamiento se condensarán en el material torrefacto frío, una parte de los gases podría aún condensarse en las superficies frías dentro del dispositivo de enfriamiento, lo que podría ocasionar la obstrucción de dicho dispositivo de enfriamiento. Por lo tanto, en una realización preferida, el enfriador de tornillo está diseñado de tal manera que los componentes de gas condensado en el enfriador de tornillo se desgastan a medida que el enfriador de tornillo funciona/gira.
- 25 En algunos casos, se desea dirigir los gases del dispositivo de enfriamiento hacia afuera del dispositivo de enfriamiento antes, de modo que los gases que tienen un contenido relativamente alto de componentes condensables puedan usarse para la combustión. En otros casos, es importante obtener un producto con alta hidrofobicidad y, por lo tanto, los gases deben desviarse del dispositivo de enfriamiento más adelante. Por lo tanto, de acuerdo con una realización, la primera salida de gases se puede mover sobre el dispositivo de enfriamiento, de modo que se puede ajustar la posición de la salida de gas (primera salida).
- 30 De acuerdo con un aspecto alternativo de la presente divulgación, los gases de torrefacción se desvían del sistema para enfriar un material torrefacto corriente abajo del dispositivo de aplicación de agua para aplicar agua al material torrefacto, pero corriente arriba del dispositivo de enfriamiento para seguir enfriando el material torrefacto con el fin de minimizar la obstrucción del dispositivo de enfriamiento.
- 35 En una realización, la temperatura del gas desviado se puede ajustar regulando el enfriamiento rápido con agua en el dispositivo de aplicación de agua. Ajustando la temperatura es posible, por ejemplo desviar los ácidos orgánicos en el gas, mientras que por ejemplo los componentes de alquitrán se condensan en el material.
- 40 De acuerdo con una realización, la biomasa es biomasa lignocelulósica tal como material de madera, por ejemplo astillas de madera.

Descripción detallada de realizaciones a manera de ejemplo

- 50 La Figura 1a muestra un sistema para enfriar un material torrefacto, que comprende un reactor (2) de torrefacción para convertir biomasa en un material torrefacto que tiene una temperatura superior a 220°C y gases de torrefacción. En conexión con una salida del reactor (2) de torrefacción, se dispone un dispositivo (3) de aplicación de agua para aplicar agua al material torrefacto del reactor de torrefacción. El material torrefacto que ha pasado el dispositivo (3) de aplicación de agua se alimenta a un dispositivo (4) de enfriamiento para enfriar más el material torrefacto junto con los gases de torrefacción, de manera que los componentes de los gases de torrefacción se condensan en el dispositivo (4) de enfriamiento, por ejemplo sobre el material torrefacto.

- 60 La Figura 1b muestra una disposición para enfriar material torrefacto. El material caliente se enfría rápidamente mediante un dispositivo (3) de aplicación de agua. Los gases de torrefacción y el vapor emitidos desde el material antes, durante y después del enfriamiento rápido se guían, junto con el material torrefacto enfriado rápidamente, hacia un primer dispositivo (4a) de enfriamiento para un enfriamiento adicional del material torrefacto. Dentro del primer dispositivo (4a) de enfriamiento, los condensables en los gases de torrefacción se condensan en el material torrefacto frío, lo que aumenta la hidrofobicidad y el rendimiento energético del material torrefacto. Los gases húmedos también aumentarán la transferencia de calor dentro del primer dispositivo (4a) de enfriamiento, lo que aumenta el efecto de enfriamiento. El transporte del material torrefacto en el primer dispositivo (4a) de enfriamiento está mediado por la rotación de un enfriador de tornillo que es accionado por un motor (5). Al menos parte de los gases de torrefacción dentro del primer dispositivo (4a) de enfriamiento se desvían del primer dispositivo de

enfriamiento a través de una salida de dispositivo de enfriamiento conectada a un ventilador (7). Una salida (7a) del ventilador (7) puede conectarse a una caldera (no mostrada), en la cual los gases de torrefacción desviados se queman. Desde el principio un primer dispositivo (4a) de enfriamiento, el material torrefacto se guía a un segundo dispositivo (4b) de enfriamiento para enfriar adicionalmente el material torrefacto. La temperatura del material torrefacto enfriado se mide utilizando un primer termómetro (6) infrarrojo y un segundo termómetro (8) infrarrojo.

La Figura 2a muestra una disposición de torrefacción que tiene una entrada (21) de biomasa en la que la biomasa se introduce en la disposición de torrefacción mediante un tornillo (22) de alimentación. La biomasa se seca en una zona (23) de secado en la que el calor se suministra a la zona (23) de secado por medio de un medio de calentamiento (por ejemplo gases calientes) a través de una entrada (24) de medios de calentamiento de la zona de secado y en la que el medio de calentamiento deja la zona de secado a través de la salida (25) de medios de calentamiento de la zona de secado. La biomasa seca se transporta a través de la zona (23) de secado a una velocidad regulada por la velocidad de alimentación en la entrada (21) de biomasa e ingresa a la zona (26) de calentamiento donde la temperatura de la biomasa se eleva a una temperatura cercana a la temperatura de torrefacción deseada. El calor se suministra a la zona (26) de calentamiento por medio de un medio de calentamiento a través de una entrada (27) de medios de calentamiento de la zona de calentamiento que sale de la zona de calentamiento a través de una salida (28) de medios de calentamiento de la zona de calentamiento. El material calentado entra en una primera zona (29) de torrefacción en la que la temperatura puede controlarse introduciendo medios de calentamiento y/o medios de enfriamiento en la entrada (30) de medios de calentamiento/enfriamiento de la primera zona de torrefacción en la que dichos medios de calentamiento/enfriamiento salen de la primera zona de torrefacción a través de las salidas (31) de medios de calentamiento/enfriamiento de la zona de torrefacción. La biomasa a partir de ese momento entra en una segunda zona (32) de torrefacción, los medios de calentamiento/enfriamiento se pueden suministrar a la segunda zona de torrefacción a través de la entrada (33) de medios de enfriamiento de la zona de torrefacción y dichos medios de calentamiento/enfriamiento salen de la zona de torrefacción a través de una salida (34) de medios de enfriamiento de la zona de torrefacción. El transporte de material en la zona (26) de calentamiento y en las zonas (29, 32) de torrefacción es impulsado por un tornillo de transporte común que está unido a un tambor que encierra la zona (26) de calentamiento y las zonas (29, 32) de torrefacción.

La Figura 2b muestra un reactor de torrefacción que tiene una entrada (21) de biomasa en la que la biomasa se introduce en la disposición de torrefacción por medio de un tornillo (22) de alimentación. La biomasa se seca en una zona (23) de secado en la que el calor se suministra a la zona (23) de secado por medio de un medio de calentamiento (por ejemplo, gases calientes) a través de una entrada (24) de medios de calentamiento de la zona de secado y en la que el medio de calentamiento sale de la zona de secado a través de la salida (25) de medios de calentamiento de la zona de secado. La biomasa seca se transporta a través de la zona (23) de secado a una velocidad regulada por la velocidad de alimentación en la entrada (21) de biomasa y entra en la zona (26) de calentamiento donde la temperatura de la biomasa se eleva a una temperatura cercana a la temperatura de torrefacción deseada. El calor se suministra a la zona (26) de calentamiento por medio de un medio de calentamiento a través de una entrada (27) de medios de calentamiento de la zona de calentamiento que sale de la zona de calentamiento a través de una salida (28) de medios de calentamiento de la zona de calentamiento. El transporte de la biomasa en la zona (26) de calentamiento está mediado por un tornillo de transporte de la zona de calentamiento que se fija a la pared interior de un tambor que encierra la zona (26) de calentamiento. El transporte de material en la zona de calentamiento está controlado por la velocidad de rotación de dicho tambor y la biomasa sale de la zona de calentamiento a través de una zona de conexión y entra en una primera zona (29) de torrefacción y, a continuación, una segunda zona (32) de torrefacción. La temperatura en la zona de torrefacción se puede controlar introduciendo medios de calentamiento y/o medios de enfriamiento en las entradas (30, 33) de medios de calentamiento/enfriamiento de la zona de torrefacción, en la que dichos medios de calentamiento/enfriamiento salen de la zona de torrefacción a través de las salidas (31, 34) de los medios de calentamiento/enfriamiento de la zona de torrefacción. El transporte de biomasa en la primera zona (29) de torrefacción y la segunda zona (32) de torrefacción es impulsado por un tornillo de transporte común que está unido a un tambor que encierra la primera zona (29) de torrefacción y la segunda zona (32) de torrefacción. El transporte de material en las zonas (29, 32) de torrefacción se controla mediante la velocidad de rotación de dicho tambor, que puede rotarse independientemente del tambor que encierra la zona de calentamiento. Por lo tanto, el transporte de material en la zona de torrefacción se puede controlar independientemente del transporte de material en la zona de calentamiento.

Las Figuras 3 y 4 muestran las temperaturas típicas de la biomasa en las diferentes zonas en la disposición de torrefacción divulgada en las Figuras 2a y 2b, en las que la disposición de torrefacción está conectada a la disposición para enfriar material torrefacto descrito en la figura 1b, de la manera descrita en la figura 1a. La zona 1 representa la zona (2) de secado, la zona 2 representa la zona (26) de calentamiento, la zona 3 representa la primera zona (29) de torrefacción y la zona 4 representa la segunda zona (32) de torrefacción. En la zona (23) de secado, la biomasa se seca, generalmente hasta un contenido de agua de 2-10% (p/p) y la temperatura se eleva a aproximadamente 100°C. En la zona (26) de calentamiento, la temperatura del material se eleva hasta cerca de la temperatura de torrefacción deseada, que en este ejemplo es de 350 °C. En las zonas de torrefacción, la temperatura se mantiene virtualmente constante a la temperatura de torrefacción deseada durante un tiempo correspondiente al tiempo de torrefacción deseado. La zona de enfriamiento representa la disposición para enfriar material torrefacto descrito en la figura 1b. La flecha indica el enfriamiento rápido inicial en el dispositivo (3) de

aplicación de agua y, posteriormente, el material torrefacto se enfría a una temperatura inferior a 100 °C en el dispositivo (4) de enfriamiento para seguir enfriando el material torrefacto.

Referencias

- 5
- [1] M. J Prins et al. More efficient biomass gasification via torrefaction. Energy 2006, 31, (15), 3458-3470.
- [2] P. C. A. Bergman et al. Torrefaction for Entrained Flow Gasification of Biomass; Report C--05-067; Energy Research Centre of The Netherlands (ECN): Petten, Países Bajos, Julio 2005;
- 10
- [3] K. Håkansson et al. Torrefaction and gasification of hydrolysis residue. 16th European biomass conference and exhibition, Valencia, España. ETAFlorence, 2008.
- [4] A. Nordin, L. Pommer, I. Olofsson, K. Håkansson, M. Nordwaeger, S. Wiklund Lindström, M. Broström, T. Lestander, H. Orberg, G. Kalén, Swedish Torrefaction R&D program. First Annual Report 2009-12-18 (2009).
- 15

REIVINDICACIONES

1. Un método de torrefacción, que comprende los pasos de:

- 5 a) someter una biomasa opcionalmente tratada previamente a torrefacción para producir un material torrefacto que tiene una temperatura de 220-600°C y gases de torrefacción en un reactor de torrefacción con una salida;
- 10 b) enfriar rápidamente el material torrefacto aplicando agua al material torrefacto en o en conexión a la salida del reactor de torrefacción, para reducir la temperatura del material torrefacto, siempre que la temperatura no se reduzca por debajo de 120 °C, preferiblemente no por debajo 150°C, lo más preferiblemente no por debajo de 190°C;
- 15 c) enfriar el material torrefacto y al menos parte de los gases de torrefacción generados durante el paso a) y/o b) en un dispositivo de enfriamiento común de manera que los componentes de los gases de torrefacción se condensen en el dispositivo de enfriamiento común, en el que, durante el paso c), los gases de torrefacción se desvían del dispositivo de enfriamiento común antes de que se complete el enfriamiento del material torrefacto y cuando tienen una temperatura superior al punto de rocío del agua, como por ejemplo, tal como más de 80 °C, tal como 100-200 °C, tal como 150 -200 °C.

20 2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el material torrefacto producido en el paso a) tiene una temperatura de 240-500 °C, tal como 240-400 °C, tal como 240-350 °C tal como 270-350 °C, antes del paso b).

3. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la temperatura del material torrefacto se reduce a por debajo de 250°C, preferiblemente por debajo de 220°C, en el paso b).

25 4. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la temperatura del material torrefacto se reduce a 150-220 °C en el paso b).

30 5. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la temperatura del material torrefacto se reduce a por debajo de 130°C, preferiblemente por debajo de 100°C en el paso c).

6. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la biomasa es biomasa lignocelulósica, tal como astillas de madera.

35 7. Un sistema para enfriar un material torrefacto, que comprende:

un reactor de torrefacción para convertir una biomasa tratada previamente de manera opcional en un material torrefacto que tiene una temperatura superior a 220 °C y gases de torrefacción, donde dicho reactor de torrefacción comprende una salida;

40 un dispositivo de aplicación de agua para enfriar rápidamente el material torrefacto aplicando agua al material torrefacto del reactor de torrefacción, estando dispuesto dicho dispositivo de aplicación de agua en o en conexión con la salida del reactor de torrefacción;

45 un dispositivo de enfriamiento para enfriar aún más el material torrefacto y al menos parte de los gases de torrefacción generados en el reactor de torrefacción y/o el dispositivo de aplicación de agua, estando provisto dicho dispositivo de enfriamiento con medios para guiar el material torrefacto y la al menos parte de los gases de torrefacción a una entrada del dispositivo de enfriamiento, en el que el dispositivo de enfriamiento comprende una primera salida para gases y una segunda salida para material torrefacto, en el que la primera salida está ubicada corriente arriba de la segunda salida y dicho medio para guiar al menos parte de los gases de torrefacción es un ventilador dispuesto en conexión con la primera salida.

50

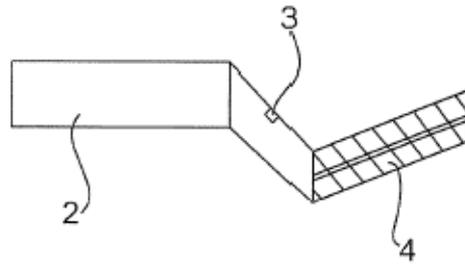


Fig. 1a

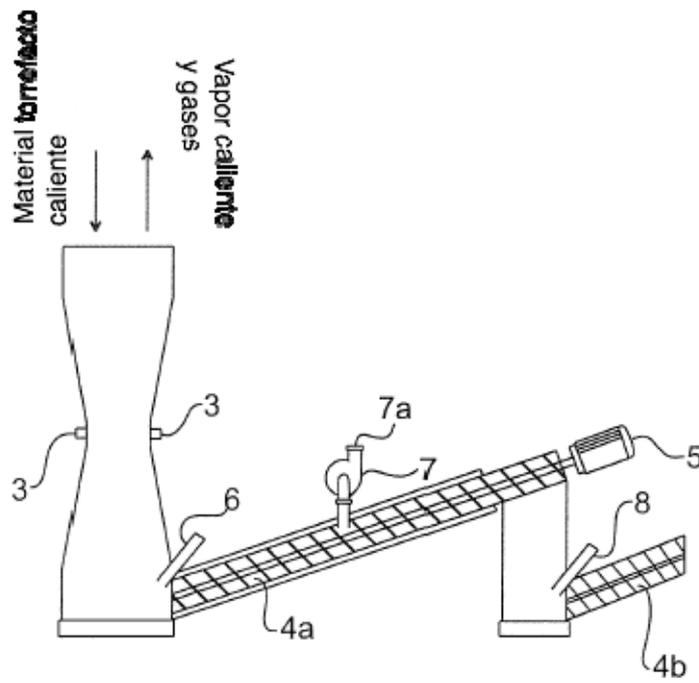


Fig. 1b

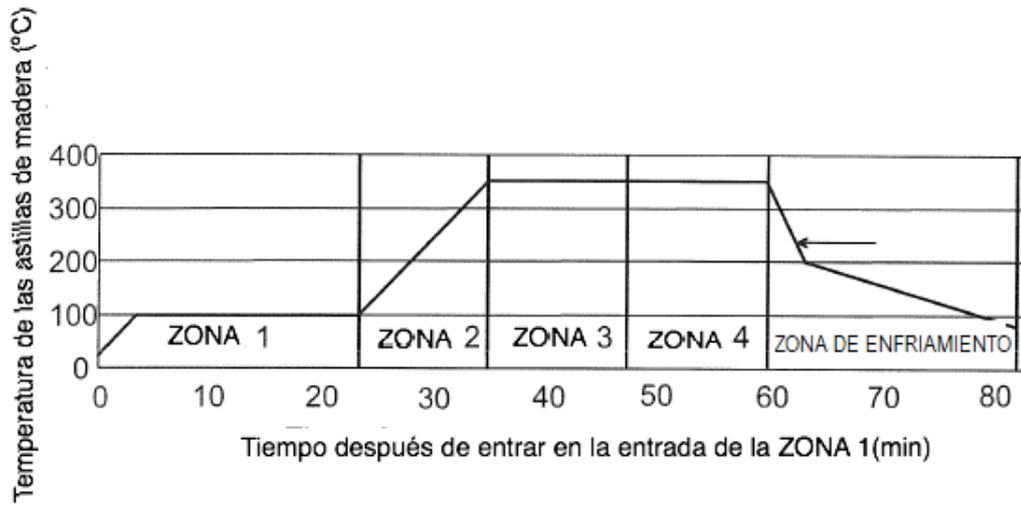


Fig. 3

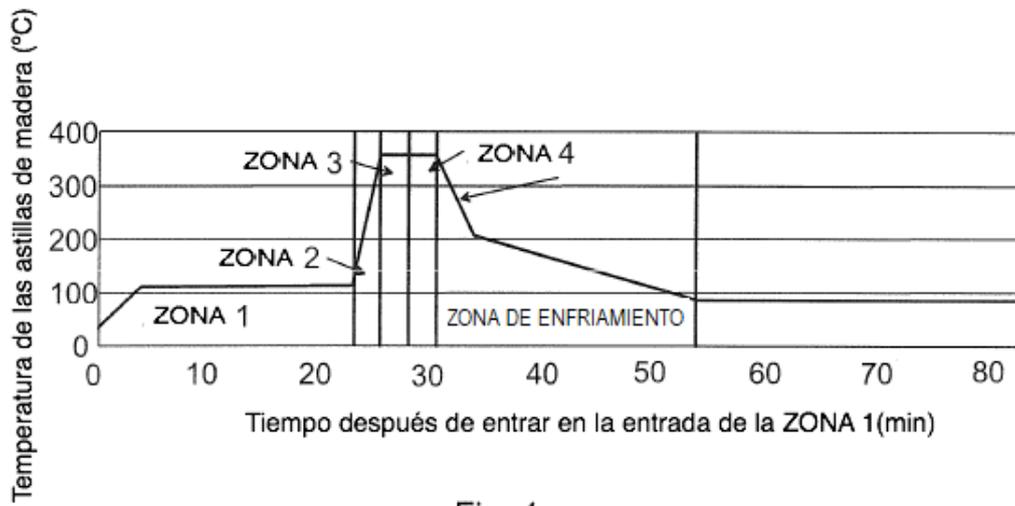


Fig. 4