

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 693 144**

51 Int. Cl.:

**C10L 5/44** (2006.01)

**C10L 9/08** (2006.01)

**C10L 5/36** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.10.2009 PCT/NO2009/000346**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.06.2010 WO10071440**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.10.2009 E 09744786 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.07.2018 EP 2373767**

54 Título: **Un método para la producción de gránulos o briquetas**

30 Prioridad:

**15.12.2008 NO 20085249**  
**02.06.2009 NO 20092136**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**07.12.2018**

73 Titular/es:

**ZILKHA BIOMASS TECHNOLOGIES LLC (100.0%)**  
**1001 McKinney, Suite 1925**  
**Houston TX 77002, US**

72 Inventor/es:

**GRØNN, ARNE JOHANNES**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

**ES 2 693 144 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

Un método para la producción de gránulos o briquetas

5 La presente invención se refiere a un método para la producción de gránulos y briquetas, a partir de material que contiene lignina, tal como de materias primas de madera, bambú, bagazo, paja o hierba.

10 En los últimos años, se ha prestado cada vez más atención al medio ambiente y, en particular, a la emisión de CO<sub>2</sub> "fósil". Existe, por lo tanto, un fuerte compromiso internacional para lograr la transición de las fuentes de energía fósil (petróleo, gas, carbón y coque) a fuentes de energía biológicas o renovables para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> "fósil".

15 Los gránulos de combustible de madera son una de las formas de bioenergía que más rápidamente están creciendo. Los gránulos y briquetas de madera tienen también otras diversas aplicaciones, pero el campo de uso más común es como gránulos de combustible. Hoy en día, los gránulos de madera se producen en volúmenes sustanciales en un gran número de plantas, especialmente en Europa y Norteamérica.

20 Tradicionalmente, las materias primas son fundamentalmente serrín, con un tamaño de partícula típico de menos de 3 mm y un contenido de humedad relativa típico del 50-55 % en peso, y materias primas que son productos residuales de fresas de cepillado, fábricas de muebles, etc., con un contenido de humedad relativa típico en el intervalo del 10-18 % en peso.

Proceso mecánico

25 Las características principales del método más común para producir gránulos, que es un proceso mecánico que incluye molienda fina y compresión, son las siguientes:

### Secado

30 Las materias primas con un contenido de humedad relativa de más del 18-20 % en peso se secan antes de su granulación. Estos materiales constituyen la porción principal de las materias primas, que actualmente es principalmente serrín. El secado normalmente se lleva a cabo en secadoras de tambor en las que se introducen las materias primas y en las que se inyectan los efluentes gaseosos de una planta de combustión en la que se queman virutas/corteza o similares, teniendo lugar el secado directo en base a los efluentes gaseosos. Sin embargo, se usan diversos tipos de secadoras, incluyendo secadoras de baja temperatura.

### Molienda

40 La siguiente etapa es la molienda mecánica fina de las materias primas, hasta un tamaño de partícula típico de menos de 2 mm. Esto normalmente se realiza en un molino de impacto (molino de martillos).

### Granulación

45 El material después se hace pasar a prensas de gránulos, donde se lleva a cabo típicamente la granulación en la que el material se prensa a través de orificios cilíndricos en un troquel anular, y el material comprimido que sale se corta en gránulos.

### Enfriamiento

50 Los gránulos recién producidos, que tienen una alta temperatura y una consistencia blanda, se hacen pasar a una enfriadora, que es un recipiente a través del cual se hace pasar aire, de modo que se obtiene un enfriamiento controlado de los gránulos, y al mismo tiempo se reduce el volumen de finos. Los gránulos acabados salen entonces de la enfriadora.

55 Para los gránulos que se producen de esta manera, el volumen de finos (polvo) a menudo es mayor de lo deseable, especialmente después del transporte y manipulación. Por lo tanto, se añaden previamente agentes aglutinantes, en un cierto grado, durante el proceso de granulación, a menudo lignosulfonatos, subproductos del procesamiento de la madera. Sin embargo, esto supone una adición indeseable de productos químicos.

60 Los documentos US 4.502.227 y GB 2 402 098 describen el secado y granulación de gránulos de madera.

65 Las briquetas se producen a partir de las mismas materias primas que los gránulos. Mientras que los gránulos tienen un diámetro típico de 6,8 o 12 mm y una longitud de 10-20 mm, las briquetas son más grandes, con un diámetro típico de 50 mm y una longitud de 20 mm y hasta 300 mm. Las briquetas no se producen en troqueles anulares, sino en prensas para briquetas separadas donde se comprime la materia prima. Las briquetas típicamente tienen un menor peso volumétrico que los gránulos.

## Explosión de vapor

A partir de los documentos NO 320971/EP 1776440 se conoce un método en el que las materias primas se secan en primer lugar hasta un contenido de humedad relativa del 30-45 % en peso, después se hacen pasar a un reactor al que se suministra vapor hasta que el material se mantiene a 200-300 °C durante un tiempo suficiente para ablandar el material, después de lo cual se lleva a cabo una despresurización en al menos dos etapas, de manera que el material se "explota por vapor". El material después se desfibra y se libera la lignina. El material posteriormente se hace pasar a una nueva etapa de secado, después de lo cual el material se granula opcionalmente. Este método es el método de producción que se usa comercialmente hoy en día.

Una de las razones principales de esta tecnología, aún en uso, es que en el campo técnico se considera que debe haber "una humedad residual suficiente" en el material para posibilitar que este se desfibra en un tanque de presión, tal como 30-45 % y que, por tanto, no hay suficiente humedad para el desfibrado a niveles de humedad más bajos. En los documentos NO 320971/EP 1776440 se indica que incluso con un contenido de humedad relativa del 30-35 % de acuerdo con dicha invención, frente al 45-65 % convencional, hay aún una humedad residual suficiente para el desfibrado por reducción de presión. Por lo tanto, se ha asumido en la técnica que un contenido de humedad excesivamente bajo, es decir, por debajo del 30 %, no proporciona una explosión de vapor de fuerza suficiente.

Además, se ha observado que la fricción entre el material y el tubo de escape del reactor aumenta a niveles de humedad más bajos, y la experiencia práctica ha mostrado que durante los ensayos de prueba con materiales secados a más del 30 %, había problemas de vaciado de los reactores en las plantas.

Además, de acuerdo con la técnica anterior, se han usado dos etapas de secado, una antes y otra después de la explosión de vapor, para asegurar que la distribución de humedad en el material como resultado de la condensación después de la descarga es suficientemente uniforme para la granulación.

En los intervalos de temperatura usados en los métodos anteriores, se empieza después de un corto periodo de tiempo una cierta hidrólisis del material orgánico y una pérdida de materia seca que es indeseable, puesto que el material hidrolizado y, por lo tanto, el contenido de energía del mismo, desaparece o se oxida ya sea después del secado o durante el calentamiento en el proceso de granulación. Con los métodos de la técnica anterior, esta pérdida de materia seca supone un porcentaje elevado.

**Sumario de la invención**

La invención se define en el conjunto de reivindicaciones adjunto. La expresión "material que contiene lignina" debe entenderse como cualquier material que contiene lignina que puede usarse en la invención, tal como materiales lignocelulósicos, materiales que comprende madera, por ejemplo madera, bambú, bagazo, paja o hierba. El material que contiene lignina puede estar en cualquier forma adecuada y procesable tal como en forma de polvo, polvo fino, serrín, virutas, astillas, lascas, raspaduras, recortes o partículas similares.

Las realizaciones preferidas del método se exponen en las reivindicaciones dependientes, en donde un aspecto se refiere a un método en el que el material se selecciona del grupo que comprende: material lignocelulósico, material que comprende madera, madera, bambú, bagazo, paja o hierba. El material puede elegirse también del grupo que comprende: polvo fino, serrín, astillas, virutas, partículas gruesas, lascas, raspaduras o recortes.

En otro aspecto, la invención se refiere a un método en el que el vapor inyectado en el reactor es vapor insaturado supercalentado, que reduce adicionalmente la humedad del material durante el tratamiento térmico, de modo que está en el intervalo de 1-5 unidades porcentuales, 4-5 unidades porcentuales y como alternativa 5 unidades porcentuales de la humedad relativa del material. El vapor insaturado supercalentado, por ejemplo, se inyecta en el reactor a 350 °C y 20 bar.

Posiblemente, el material tratado en una etapa (d2) puede vaciarse también entre las etapas (d) y (e) del reactor y recibirse en un tanque de recepción o ciclón donde el vapor se separa del material, de modo que se lleva tan poca cantidad de condensado del vapor como sea posible junto con la humedad, a las siguientes etapas del proceso o junto con el producto. Además, el material tratado puede mezclarse con un material que contiene lignina tratado o no tratado, en una etapa (d3) entre la etapa (d) y (e), preferentemente después de la etapa (d2).

El material, en una realización, puede secarse a un contenido de humedad relativa del 5-15 % en peso, como alternativa aproximadamente del 2-12 % en peso antes de hacerlo pasar a la etapa (b) del reactor. El tiempo de retención en el reactor puede estar dentro del intervalo de 1-12 minutos.

En una realización, la última reducción de presión del reactor tiene lugar repentinamente por explosión de vapor de modo que el material se desfibra, mientras que en otra realización la despresurización del reactor tiene lugar lentamente sin explosión de vapor.

El material pueden ser partículas gruesas, tal como astillas de celulosa, con una longitud de 25 mm. El material puede dividirse también finamente antes de la etapa del reactor, tal como en forma de polvo o serrín, o un material más finamente dividido tal como con una longitud de menos de aproximadamente 3 mm.

- 5 Posiblemente, el material que contiene lignina mezclada, tiene un contenido de humedad de menos del 18 % en peso y/o un tamaño de partícula típico de menos de 2 mm.

En otro aspecto, la invención se refiere a un método como el anterior, en el que el método comprende una etapa adicional de:

- 10 (f) hacer pasar los gránulos o briquetas a una enfriadora, a través de la cual se hace pasar aire para un enfriamiento controlado de los gránulos o briquetas, en donde se reduce el volumen de los finos.

- 15 En otro aspecto, la invención se refiere a gránulos o briquetas que se producen como se ha descrito anteriormente. Los gránulos o briquetas pueden contener un contenido de humedad relativa del 5 % en peso o menor, o del 2 % en peso o menor y posiblemente tienen un contenido de energía de 5,0 MWh/tonelada o mayor, o 2,5 MWh/tonelada o mayor.

### 20 Secado

- El material que se va a usar puede secarse previamente, o tener un contenido de humedad relativa de menos de 20 % en peso y, de esta manera, no requerir secado. Si la humedad está por encima del 20 % el material se seca como una etapa en el propio proceso. Por tanto, el material que se alimenta el reactor tiene un contenido de humedad sustancialmente menor que el que se ha usado previamente en la técnica anterior. La presente invención divulga un contenido de humedad después del secado del 0-20 %, con respecto al 30-45 % de la técnica anterior, superando de esta manera algunas de las principales objeciones que aún existen en la técnica, tal y como se ha explicado en la introducción. La humedad reducida en el material da como resultado un menor consumo de vapor en el reactor, lo que implica menores costes de producción. El contenido de humedad relativa del material que entra en el reactor preferentemente está en el intervalo del 5-15 % en peso o del 2-12 % en peso.

- 30 Secando el material a un intervalo de acuerdo con la invención, habrá tan poca condensación que se eliminan los problemas de falta de uniformidad en la distribución de humedad con respecto a la granulación mencionada anteriormente. De esta manera, el secado puede llevarse a cabo en una etapa (solo antes de la explosión de vapor) en lugar de en dos etapas como en la técnica anterior (que comprende secado antes de la explosión de vapor y secado antes de que el material pase a la prensa de granulación), lo que supone un coste de inversión sustancialmente menor que si se usaran dos etapas de secado como antes.

- 35 Para reducir la humedad en el producto final es posible secar el material procesado adicionalmente después de la explosión de vapor, que principalmente es habitual si el contenido de humedad en el reactor está en la mitad superior del intervalo del 0-30 % en masa.

- Puede ocurrir algún secado inyectando vapor supercalentado (insaturado) en el reactor, en lugar de vapor saturado seco, tal como por ejemplo después de la etapa (d) del método anterior. Esto dará como resultado que se evapore el material seco hasta que el vapor se haya saturado, y que la humedad en el material después del procesamiento en el reactor sea menor que si solo se hubiera inyectado vapor saturado.

### 45 Tratamiento térmico

- Limitando el intervalo de temperatura para el tratamiento a 180-235 °C, según se compara con los intervalos conocidos de 200-300 °C, se evita también que ocurran reacciones indeseables en el material por encima de 235 °C, mientras que se permanece dentro de temperaturas operacionalmente óptimas con relación al consumo de energía y especialmente la producción por vapor.

- 50 El tiempo de retención en el reactor es de 1-12 minutos.

### 55 Reducción de presión

La reducción de presión en el reactor tiene lugar ya sea:

- 60 (1) por que la última reducción de presión tiene lugar repentinamente, obteniendo de esta manera una explosión de vapor en la que se desfibra el material y se libera la lignina; o

- (2) mediante una reducción gradual de la presión, donde esta reducción por sí misma no da como resultado el desfibrado del material, sino en donde la lignina se libera, no obstante, debido a que el material se ha calentado durante una cantidad de tiempo suficiente a un intervalo de temperatura como se ha mencionado anteriormente, 180-235 °C.

5 El método (2) es más apropiado cuando el material se divide de forma relativamente fina antes del tratamiento en el reactor (por ejemplo, como serrín con una longitud típica de menos de 3 mm, o incluso un material más finamente dividido), mientras que el método (1) es preferible cuando hay partículas más gruesas (tal como, por ejemplo, astillas de celulosa, con una longitud típica de 25 mm). Esto se debe al hecho de que con el método (1) no hay necesidad de molienda mecánica fina después del tratamiento en un reactor, incluso aunque las materias primas sean del tamaño de astillas de celulosa. Sin embargo, si se usa el método (2), las materias primas deberían dividirse más finamente que las astillas de celulosa si el material tiene que poder pasar directamente a la granulación sin ninguna molienda mecánica adicional.

10 Aunque el desfibrado que tiene lugar en el método (2) es menos sustancial que en la técnica anterior, usando un material con menor contenido de humedad residual, es aún suficiente para la granulación.

15 Si el material se divide de forma suficientemente fina de antemano, se obtiene un resultado suficientemente bueno con el método (1) llevando a cabo una reducción de presión gradual en el reactor tal que no haya explosión de vapor, solo un tratamiento térmico del material con vapor en el reactor.

20 El desfibrado mediante explosión de vapor es solo uno de los parámetros que tienen una importancia fundamental para hacer al material adecuado para su granulación. Los ensayos muestran que un aumento en la temperatura y, en particular, en el tiempo de retención, no solo hace más fácil desfibrar el material mediante explosión de vapor sino que también hace al material más blando y da más lignina liberada incluso sin explosión de vapor, lo que por tanto hace al material más adecuado para granularlo.

25 El diseño del reactor y el equipo asociado con el mismo permiten la descarga cuando el material tiene un bajo contenido de humedad. Es bastante posible equipar al reactor de modo que pueda vaciarse incluso sin una reducción repentina en la presión (explosión de vapor) en la última etapa.

#### Formación de gránulos - briquetas

30 Finalmente, el material tratado se granula, opcionalmente después de haberlo mezclado con otro material que contiene lignina, por ejemplo, un material que contiene lignina no sometido a explosión de vapor. El material que contiene lignina mezclado ventajosamente tiene un contenido de humedad no mayor del 18 % en peso y un tamaño de partícula típico no mayor de 2 mm. Como alternativa, el material tratado puede formarse en briquetas, en lugar de granularse, en una prensa para briquetas.

35 Usando la presente invención, cuanto antes se realice y mayor sea la reducción en la humedad se obtiene como resultado que la hidrólisis inducida térmicamente del material orgánico empiece más tarde y que sea más débil que en los métodos conocidos. De esta manera, la presente invención reduce la pérdida de materia seca, que es un problema en la técnica anterior.

40 Actualmente, la humedad normal en los gránulos es del 8-10 % y, en la práctica, no hay gránulos con un contenido de humedad por debajo del 5 %. Esto se debe al hecho de que para la granulación sin la lignina en el material que se libera, se requiere un cierto contenido de humedad. Mediante la presente invención, pueden obtenerse gránulos o briquetas con un contenido de humedad del 2 % y menor, que tienen las mismas buenas propiedades aglutinantes que otros gránulos conocidos preparados a partir de madera sometida a explosión de vapor.

45 Los gránulos actuales con un contenido de humedad del 8 % tienen un contenido de energía de 4,8 MWh/tonelada mientras que los gránulos o briquetas obtenidos en la presente invención, con un contenido de humedad del 2 %, tienen un contenido de energía de 5,2 MWh/tonelada y, al 5 % de humedad, el contenido de energía es de 5,0 MWh/tonelada. Esto es una gran ventaja con respecto al transporte y almacenamiento, y también que puede obtenerse una mayor capacidad de producción en las plantas de combustión como resultado de una mayor concentración de energía en la cámara de combustión.

50 La invención da como resultado también un número de ventajas en comparación con la producción mecánica de gránulos y briquetas de madera. Las ventajas sobre los procesos mecánicos para la producción de gránulos residen en una mayor calidad y una mayor capacidad. La mayor calidad consiste en que la pasta tratada tiene propiedades aglutinantes que superan de lejos las de las pastas obtenidas previamente y las propiedades aglutinantes mejoradas de los gránulos conducen a un menor volumen de finos (polvo) y una mejor cohesión. Se obtiene una mayor capacidad de las prensas de gránulos o prensas de briquetas, con el mismo consumo de electricidad, porque la pasta la presente invención tiene una consistencia más blanda, y es más fácil de granular que la madera finamente molida de forma mecánica, y el peso específico de los gránulos o briquetas puede aumentarse también sin aumentar el consumo de electricidad.

60 Otra ventaja principal en comparación con los gránulos y briquetas producidos por producción mecánica es que los gránulos preparados de acuerdo con la invención son prácticamente no higroscópicos. Los gránulos y briquetas producidos mecánicamente absorben humedad tan fácilmente que deben almacenarse y manipularse en condiciones secas. Si entran en contacto con agua, perderán su forma y revertirán a una forma de polvo de madera o serrín. Los

gránulos y briquetas de acuerdo con la invención, por otro lado, pueden manipularse y almacenarse sin que el contacto con agua o humedad sea un problema; retienen su forma y solo absorben agua en un ligero grado y solo después de un largo tiempo. Esto significa, en términos prácticos, entre otros, que cuando se usan gránulos y/o briquetas de madera como un combustible complementario en una planta de combustión de carbón, con los gránulos y briquetas de la presente invención es posible usar las mismas instalaciones de almacenamiento y transporte que aquellas ya presentes para el carbón. Con los gránulos producidos mecánicamente, por otro lado, deben proporcionarse instalaciones separadas para asegurar la manipulación en seco durante el almacenamiento y transporte. Para las plantas de gránulos, la presente invención significa también que pueden crearse instalaciones de almacenamiento de forma mucho más barata que actualmente.

La presente invención proporciona, por tanto, un método mejorado que obtiene un producto mejorado como se ha divulgado anteriormente. El método proporcionado de acuerdo con la invención puede adaptarse a las plantas de gránulos o briquetas existentes que hoy en día no usan ni explosión de vapor ni tratamiento a temperatura elevada con vapor para la granulación.

### Descripción detallada de la invención

A continuación se da una descripción de las realizaciones de ejemplo, que no pretende limitar el alcance de la invención.

#### Dibujos

La Fig. 1 muestra un gráfico donde se representa la temperatura frente al tiempo para dos transcurros de procesamiento separados.

#### Ejemplos de realizaciones

Las materias primas pueden ser cualquier clase de material que contiene lignina. Las materias primas que no se han secado artificial o naturalmente normalmente tienen un contenido de humedad relativa del 45-55 % en peso, mientras que las materias primas secadas naturalmente tienen un contenido de humedad relativa típica del 15-35 % en peso o incluso del 28-35 % en peso.

Un método ventajoso de acuerdo con la invención comprende las siguientes etapas:

(a) Las materias primas con un contenido de humedad relativa de más del 20 % en peso se secan a un contenido de humedad relativa del 0-20 % en peso. Esto se hace típicamente como secado directo en una secadora de tambor en las que se inyectan los efluentes gaseosos, pero pueden usarse también otros métodos de secado.

(b) Las materias primas después se hacen pasar desde la etapa de secado directamente, u opcionalmente después del almacenamiento intermedio, a un reactor en el que las materias primas se tratan térmicamente, opcionalmente se someten a explosión de vapor. Esto tiene lugar después de que las materias primas se hayan introducido en el reactor, se haya cerrado la válvula de llenado de astillas, y el vapor se haya inyectado en el reactor hasta que se alcance una temperatura de 180-235 °C y una presión de por ejemplo 20 bar. Normalmente, se usa vapor acuoso saturado en la etapa de secado a una temperatura en el intervalo dado anteriormente. Sin embargo, en la presente invención, se ha encontrado que si el vapor suministrado al reactor es vapor supercalentado (insaturado), la humedad del material puede reducirse adicionalmente durante el propio tratamiento térmico.

(c) Esta temperatura se mantiene posteriormente durante 1-12 minutos.

(d) Después se lleva a cabo una reducción de presión en una o más etapas. En la última reducción de presión, la presión se reduce a presión atmosférica, y el material tratado se descarga del reactor. El material se ha transformado en una pasta, en el caso de madera como materia prima, en una "pasta de madera" de color marrón, con una consistencia sustancialmente más blanda que la materia prima entrante. Si la última reducción de presión tiene lugar con una caída repentina en la presión, esto es una explosión de vapor en el sentido tradicional. Si la última reducción de presión tiene lugar gradualmente y con precaución, no hay explosión de vapor para desfibrar el material, pero al material se le da, no obstante, una consistencia más blanda y un color marrón característico. El color marrón se debe al hecho de que la lignina se ha ablandado y liberado parcialmente por retención en el intervalo de temperatura mencionado anteriormente.

(d2) Posiblemente, la pasta que se descarga del reactor puede recibirse en un tanque de recepción o ciclón donde el vapor se separa de la pasta, de manera que un condensado mínimo del vapor permanece como humedad adicionalmente en el proceso o producto.

(d3) El material después se mezcla opcionalmente con las materias primas secadas que se han molido en un molino de impacto hasta un tamaño de partícula adecuado para su granulación. El material que contiene lignina mezclado opcionalmente tiene ventajosamente un contenido de humedad que no es mayor del 18 % en peso

y un tamaño de partícula típico no mayor de 2 mm. Esta pasta mixta o material opcionalmente no mezclado se hace pasar después a la formación de gránulos o briquetas.

5 (e) El material (la masa mixta o posiblemente el material no mezclado) se hace pasar posteriormente al proceso de granulación y/o briquetación donde típicamente tiene lugar la granulación, en tanto que el material se presiona a través de orificios cilíndricos en un troquel anular y el material comprimido que sale del mismo se corta en gránulos, o el material se presiona alternativamente en briquetas en una prensa de briquetado.

10 (f) Los gránulos o briquetas recién producidos, que tienen una alta temperatura y una consistencia blanda, se hacen pasar preferentemente a una enfriadora, que es un recipiente a través del cual se hace pasar aire, de manera que se obtiene un enfriamiento controlado de los gránulos y, al mismo tiempo, se reduce el volumen de los finos. Los gránulos/briquetas acabados salen entonces de la enfriadora.

15 En la presente invención, el proceso en el reactor puede optimizarse de numerosas maneras. Las relaciones básicas son que:

- 20 - Si la temperatura del reactor aumenta, el tiempo de retención puede reducirse; si la temperatura se reduce, el tiempo de retención debe aumentarse. Aumentando la temperatura, la capacidad puede aumentar a través de un tiempo de retención más corto.
- 25 - Cuanto menor sea la humedad entrante, menor será el consumo de vapor y menor el consumo de energía y más corto el tiempo de llenado para vapor, de manera que la capacidad de producción será mayor.
- 30 - Si el tamaño de partícula aumenta, la temperatura y/o el tiempo de retención deben aumentar.

35 Las condiciones de tratamiento óptimas son diferentes para los diferentes tipos de material que contiene lignina, incluso para diferentes tipos de madera. Hay también variaciones locales (entre otras, en base a las condiciones de crecimiento) dentro de los tipos de material individuales, lo que significa que la optimización de las condiciones de proceso da mejores resultados cuando se hace para la planta individual.

40 En la Fig. 1, se ilustran los principios de la relación o dependencia entre los parámetros de procesamiento para dos modos diferentes de procesar un cierto material, en este caso temperatura y tiempo de retención, a una cierta presión. La curva A "procesamiento ligero" ilustra la relación de temperatura y tiempo para procesar un cierto material de una manera "moderada". Para cualquier combinación de temperaturas y tiempos de retención en la Curva A, el grado de procesamiento será aproximadamente el mismo, es decir, un procesamiento moderado, que puede ser óptimo en algunos mercados, tal como para hornos de gránulos. Correspondientemente, la Curva B "procesamiento intenso" representa parámetros que proporcionan un tratamiento más vigoroso que, para un tiempo de retención dado, siempre se trata a una temperatura más alta en comparación con un "procesamiento moderado" y que puede ser óptimo para otros mercados, tal como suministradores a granel, lo que implica una manipulación más severa. Los gránulos/briquetas tratadas en un "procesamiento severo" tienen un mayor peso específico que los gránulos/briquetas tratados mediante un "procesamiento ligero".

45 Si el tamaño de partículas de la materia prima aumenta, las curvas se moverán hacia fuera en el diagrama, es decir, alejándose del origen, para proporcionar el mismo grado de procesamiento.

50 Para diferentes tipos de materias primas, el cambio en el tiempo de retención y temperatura generalmente seguirá el mismo tipo de forma o recorrido de las curvas. Sin embargo, el desplazamiento será diferente para cada tipo de material y subtipo de material, tal como para diferentes tipos de madera. La curva tendrá la misma estructura, pero una posición diferente y un recorrido algo diferente en el diagrama. Por ejemplo, hay importantes diferencias en las curvas para maderas blandas y duras e incluso una cierta diferencia entre abeto y pino. Por ejemplo, la curva para pino estará más alejada del origen que la curva para abeto para el mismo grado de procesamiento.

55 Por ejemplo, un pequeño productor puede preferir trabajar a la presión e intervalos de temperatura para vapor más bajos posibles, de manera que puede usar un equipo de vapor menos costoso, y la seguridad y competencia para los operarios son menos estrictas, aunque para la mayoría de productores, temperaturas más altas serían más beneficiosas. Un tiempo de retención necesario para trabajar a baja temperatura/presión más largo reduce la capacidad de producción. Aún, esto puede ser preferible por ejemplo si el suministro de vapor está limitado. Asimismo, puede usarse un tiempo de retención mayor a bajas temperaturas, tal como 180 °C, durante un cierto tiempo únicamente, tal como durante el inicio o el final de la ejecución del proceso, cuando el proceso empieza a 180 °C y continúa siempre y cuando la temperatura se mantenga por encima de 180 °C.

60 Las ventajas sobre el proceso mecánico para la producción de gránulos y briquetas residen en una mayor calidad y una mayor capacidad. Una mayor calidad consiste en una pasta sometida a explosión de vapor/tratada térmicamente que tiene propiedades aglutinantes naturales muy por encima de las propiedades aglutinantes de la madera cuando esta se comprime mecánicamente sin ninguna explosión de vapor previa. Esto se debe al hecho de que la celulosa, hemicelulosa y lignina se liberan en alguna extensión. Se obtienen las mejores propiedades aglutinantes cuando se

granula una pasta sometida a explosión de vapor sin ninguna adición de pasta no sometida a explosión de vapor. El aumento en las propiedades aglutinantes para gránulos producidos de una mezcla de material que contiene lignina molido finamente de forma mecánica, tal como madera, y una pasta sometida a explosión en húmedo/tratada térmicamente de la presente invención, en comparación con gránulos/briquetas producidos a partir de madera finamente molida simplemente de forma mecánica, sin embargo, es tan grande, que da un aumento suficiente en la calidad con respecto a grandes áreas del mercado de gránulos/briquetas. Las propiedades aglutinantes mejoradas conducen a un menor volumen de finos y una mejor cohesión. Este es uno de los criterios de calidad más importantes para los gránulos. Se obtiene una mayor capacidad en las prensas de gránulos y briquetas, con el mismo consumo de electricidad, porque la pasta que es sometida a explosión de vapor tiene una consistencia más blanda y puede granularse más fácilmente que la madera molida finamente de forma mecánica, y también es posible aumentar el peso específico de los gránulos y briquetas sin aumentar el consumo de electricidad.

La relación de mezcla óptima de pasta sometida a explosión de vapor/tratada térmicamente con respecto a otros materiales que contienen lignina, tales como madera, en gránulos/briquetas, depende de un número de factores, que a menudo son diferentes para cada planta individual. El tipo de material que contiene lignina usado, tal como madera, es un factor principal, como lo es la disponibilidad de materias primas en la planta en general. La relación entre los costes de electricidad y la energía térmica usada en el proceso en el reactor también es importante, porque la porción que se mezcla con la pasta sometida a explosión de vapor se muele finamente en un molino de impacto por adelantado, lo que requiere energía eléctrica. También es de gran importancia a qué mercado van destinados los productos, gránulos o briquetas, ya que la importancia relativa del aumento en la calidad puede ser diferente. Para algunos mercados, será óptimo que no se mezcle nada, es decir, que solo se use pasta sometida a explosión de vapor y/o solo pasta tratada térmicamente, mientras que para otros mercados puede ser óptima una mezcla del 20-25 %. En otros casos, solo puede usarse el 10-20 % en peso de la pasta sometida a explosión de vapor/tratada térmicamente y el 80-90 % del peso de material que contiene lignina que no está sometido a explosión de vapor tal como madera.

La consistencia de la pasta sometida a explosión de vapor/tratada térmicamente tiene también un efecto sobre la calidad de los gránulos/briquetas y, por tanto, sobre qué relaciones de mezcla son óptimas. El tamaño de partícula para las materias primas/el material después de entrar en el reactor es decisiva para si la pasta se convierte en un polvo marrón, como cuando la materia prima que se introduce es serrín, o si la pasta tiene una consistencia más parecida a la turba seca triturada, con haces de fibras más largos que son blandos. Los gránulos/briquetas del último tipo de pasta proporcionan propiedades incluso mejores con respecto a una menor cantidad de finos que la pasta sometida a explosión de vapor del serrín. Para crear este tipo de pasta, la materia prima entrante en el reactor debe ser mucho más grande que el tamaño de partícula típico para serrín, y algunos tipos de materiales que contienen lignina son más adecuados que otros para producir tal pasta.

En el presente método, la humedad en la materia prima cuando entra en el reactor para someterla a explosión de vapor/tratarla térmicamente es considerablemente menor (0-20 % en peso) que en el método de la técnica anterior (30-45 % en peso). Esto significa que el consumo de vapor en el reactor que es necesario para calentar el material a la temperatura dada es menor, lo que da como resultado menores costes de producción. Menores requisitos de vapor dan también un tiempo de llenado más corto y un tiempo de reducción de presión para el vapor, lo que a su vez da un mayor número de porciones o lotes por unidad de tiempo. Esto significa una mayor capacidad de producción en un reactor de un tamaño dado.

En la presente invención solo hay preferentemente una etapa de secado opcional, independientemente de la humedad inicial y la pasta no necesita secarse antes de pasarla a granulación. Sin embargo, la masa puede secarse posiblemente de acuerdo con la presente invención usando vapor supercalentado (insaturado) en el reactor durante el tratamiento térmico, en lugar del vapor saturado que es común para tal tratamiento térmico.

Usando vapor sobrecalentado insaturado en el reactor durante el tratamiento térmico, el agua se drenará fuera del material y la temperatura de la atmósfera en el reactor se reduce para obtener condiciones de equilibrio. De esta manera, el vapor supercalentado puede suministrarse en condiciones y cantidades que dan como resultado el mismo intervalo de temperatura (180-235 °C) en el reactor para el tratamiento térmico que es necesario para el procesamiento como se ha descrito anteriormente. Tales condiciones pueden ser, por ejemplo, vapor acuoso insaturado de 350 °C a 20 bar. En la vida real, en este sentido, se obtiene típicamente una reducción en la humedad en la materia prima de hasta 5 unidades porcentuales. Es decir, que el material cargado en el reactor con una humedad relativa del 20 % podría reducirse al 15 % y, análogamente, que si se alimenta al reactor el material con una humedad relativa del 12 %, la humedad de este material podría reducirse al 7 % inyectando vapor supercalentado en el reactor.

Por tanto, la presente invención hace posible obtener un material extremadamente seco para formación de gránulos o briquetas y, de esta manera, gránulos o briquetas extremadamente secos. Como alternativa, se usa la técnica de vapor supercalentado para reducir el agua del material en el reactor, para reducir la temperatura o el tiempo de la etapa de secado antes del tratamiento térmico para obtener el mismo producto con las mismas propiedades como se ha descrito anteriormente. Dependiendo de si la cantidad de energía es mayor o menor o la misma que la suministrada con el vapor sobrecalentado, pueden obtenerse diferentes resultados y productos.

También es posible secar el material más en los reactores, pero entonces los reactores tendrían que usarse como secadoras además de realizar el tratamiento térmico, lo que ampliaría el tiempo de retención en los reactores y, de esta manera, reduciría la capacidad de procesamiento.

5 La ventaja de realizar solo una etapa de secado y posiblemente obtener una reducción adicional del contenido de agua en el material mediante vapor supercalentado en el reactor, es que se evitan dos etapas de secado clásicas como en la técnica anterior, en donde se usan vapor saturado y dos secadoras, lo que significa un coste de inversión más importante que si se usara solo una etapa de secado como en la presente invención. Cuando la misma capacidad de secado tiene que dividirse en dos secadoras clásicas, los costes de inversión son sustancialmente más altos que  
10 para una única secadora que tiene una capacidad combinada. De acuerdo con la presente invención, la capacidad de una secadora posiblemente puede reducirse también si se realiza un secado adicional en el reactor, como se ha mencionado anteriormente o el tiempo de tratamiento total puede reducirse.

15 En la presente invención, la reducción de presión puede llevarse a cabo alternativamente de modo que se obtenga una explosión de vapor o la reducción de presión puede llevarse a cabo tan gradualmente que no haya explosión de vapor. La elección entre estos métodos se hace en base a si el material está tan dividido finamente de antemano que no es necesario desfibrarlo mediante explosión de vapor.

20 El método que se proporciona de acuerdo con la presente invención puede adaptarse a las plantas de granulos/briquetas existentes que están basadas en molienda mecánica de finos y granulación o briquetado sin otras inversiones que en el reactor o reactores, producción por vapor, recepción de la pasta y manipulación del vapor que se separa de la pasta y mezclado opcional con un material que contiene lignina finamente molido de forma mecánica, por ejemplo madera. Si toda la materia prima se va a someter a explosión de vapor, puede ponerse un reactor en la línea de producción en lugar de realizar la molienda fina (típicamente con un molino de impacto). Si se va a crear una  
25 mezcla, parte de las materias primas pueden moverse opcionalmente después de la secadora a un reactor y parte a la molienda mecánica fina, típicamente en donde las partículas más grandes se llevan al reactor.

Si se va a adaptar el método de secado en dos etapas de la técnica anterior a plantas existentes, debe invertirse en una secadora adicional para secar la pasta después de la explosión de vapor, es decir, antes de que la pasta se  
30 granule o briqueta. En la práctica, no puede usarse la misma secadora para las materias primas que se van a someter a explosión de vapor, y la porción de materias primas que está opcionalmente dividida finamente de forma mecánica, puesto que el requisito del contenido de humedad relativa después del secado es muy diferente en ambos casos. Como tal, el método de acuerdo con la invención es preferible para implementarlo de forma práctica, logística y económica en plantas existentes.  
35

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un método para la producción de gránulos o briquetas a partir de un material que contiene lignina en forma de partículas procesables que comprende las etapas de:
- 10 (a) hacer pasar el material que contiene lignina que tiene un contenido de humedad relativa del 0-20 % en peso en un reactor;
- (b) calentar el material que contiene lignina a 180-285 °C inyectando vapor en el reactor;
- (c) mantener el material en el reactor a la temperatura alcanzada durante 1-12 minutos para ablandar el material y liberar la lignina;
- (d) reducir la presión en el reactor en al menos una etapa; y
- (e) formar el material tratado para formar gránulos o briquetas.
- 15 2. El método de la reivindicación 1, en donde el material que contiene lignina es un material lignocelulósico, un material que comprende madera, madera, bambú, bagazo, paja o hierba.
3. El método de la reivindicación 1, en donde el material que contiene lignina está en forma de polvo fino, serrín, astillas, virutas, astillas de celulosa, lascas, raspaduras o recortes.
- 20 4. El método de la reivindicación 3, en donde las astillas de celulosa tienen una longitud de 25 mm.
5. El método de la reivindicación 1, en donde la última reducción de presión del reactor tiene lugar repentinamente por explosión de vapor, de modo que el material se desfibra.
- 25 6. El método de la reivindicación 1, en donde la reducción de presión del reactor tiene lugar lentamente sin explosión de vapor.
7. El método de la reivindicación 1, en donde el material que contiene lignina se divide finamente antes de que la etapa en el reactor, tal como en forma de polvo fino o serrín con una longitud de menos de 3 mm.
- 30 8. El método de la reivindicación 1, en donde el vapor inyectado en el reactor es vapor insaturado supercalentado a 350 °C y 20 bar, lo que reduce adicionalmente la humedad del material durante el tratamiento térmico.
- 35 9. El método de la reivindicación 9, en donde el contenido de humedad del material que contiene lignina se reduce adicionalmente durante el tratamiento térmico mediante vapor insaturado supercalentado en el intervalo de 1-5 % unidades de humedad relativa del material que contiene lignina.
- 40 10. El método de la reivindicación 1, que comprende además la etapa de: hacer pasar el material, si este tiene un contenido de humedad relativa de más del 20 % en peso, a una etapa de secado, y secarlo a un contenido de humedad relativa del 0-20 % en peso antes de hacer pasar el material que contiene lignina a un proceso de tratamiento térmico.
- 45 11. El método de la reivindicación 1, en donde un material se seca a un contenido de humedad relativa del 5-15 % en peso antes de hacerlo pasar a la etapa en el reactor (b).
12. El método de la reivindicación 1, que comprende además la etapa de: mezclar el material tratado con el material que contiene lignina en una etapa (d3) entre las etapas (d) y (c).
- 50 13. El método de la reivindicación 13, en donde el material que contiene lignina mezclado tiene un contenido de humedad de menos del 18 % en peso.
14. El método de la reivindicación 13, en donde el material que contiene lignina mezclado tiene un tamaño de partícula de menos de 2 mm.
- 55 15. El método de la reivindicación 1, que comprende además la etapa de:
- (f) hacer pasar los gránulos o briquetas a una enfriadora a través de la cual se hace pasar aire para un enfriamiento controlado de los gránulos o briquetas, con lo que se reduce el volumen de finos.
- 60 16. El método de la reivindicación 1, en donde los gránulos o briquetas tienen un contenido de humedad relativa menor del 5 % en peso.

**FIG. 1**

