



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 359 163**

51 Int. Cl.:
D21C 7/12 (2006.01)
D21C 3/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06835895 .1**
96 Fecha de presentación : **21.12.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1969176**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.09.2008**

54 Título: **Método para controlar un procedimiento para la producción de pasta de celulosa de fibra corta.**

30 Prioridad: **23.12.2005 SE 0502899**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.05.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.05.2011

73 Titular/es: **MORE RESEARCH ÖRNSKÖLDSVIK AB.**
Hörneborgsvägen 12
891 80 Örnsköldsvik, SE

72 Inventor/es: **Noreus, Sture Erik y**
Svensson, Per Stefan

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 359 163 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 controlar un procedimiento para la producción de pasta de celulosa de fibra corta.

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un método en la producción de pasta química mediante la digestión (cocción) de material de lignocelulosa de fibra corta, en particular se refiere a un método para controlar el procedimiento de digestión de tal modo que el papel fabricado a partir de la pasta muestra de manera consistente una calidad uniforme con respecto a una o varias propiedades que son importantes para diferentes tipos de papel.

10 El concepto de pasta química comprende la digestión del material de lignocelulosa bien bajo condiciones ácidas o bien alcalinas. Un ejemplo de una pasta del primer tipo es la pasta al sulfito, mientras que los ejemplos del segundo tipo son la pasta al sulfato, la pasta al polisulfuro y la pasta a la sosa, en la que el material de lignocelulosa es digerido únicamente con hidróxido de sodio, o bien este producto químico es suplementado por un aditivo, tal como, por ejemplo, antraquinona.

15 Hay muchos materiales de lignocelulosa, y se pueden clasificar como materiales de fibra larga y materiales de fibra corta. Es durante la digestión de material de fibra corta donde se puede usar la presente invención. El material de lignocelulosa que predomina como materia prima cuando se produce pasta es la madera de los árboles. Los ejemplos de tipos de árboles que muestran madera de fibra corta son los árboles de hoja caduca, en particular el abedul, haya, álamo temblón, roble, eucalipto, etc.

Técnica anterior

20 Los métodos de control conocidos en la actualidad para la producción de, por ejemplo, pasta al sulfato, se centran en que la pasta, después de la digestión, tenga un cierto contenido de lignina, medido a menudo como un valor kappa. En el tiempo en que se desarrollaron estos métodos de control, la concentración se centró en la producción de pasta al sulfato a partir de madera de coníferas, tal como madera de pino y de picea. La propiedad dominante de la pasta era, y todavía es, su resistencia. El productor está satisfecho si es posible producir una pasta final, incluyendo pastas que tengan un alto brillo, con una resistencia relativamente alta. El grado hasta el que progresa la digestión y deslignificación, es decir, el valor kappa que se alcanza, varía. Depende de factores tales como el tipo de pasta al sulfato que se está produciendo, es decir, el uso al que se va a destinar la pasta, y de la materia prima de madera. Además, se alcanza un equilibrio con respecto a cuánta de la lignina original de la madera va a ser retirada durante la digestión, y cuánta va a ser retirada durante las etapas de deslignificación en la planta de blanqueo. Los aspectos medioambientales hacen preferible permitir que la digestión tenga lugar hasta una etapa avanzada, dado que en este caso es fácil de manejar la lignina disuelta (y fragmentos de lignina) en el licor de cocción gastado, que se quema en un hervidor de sosa después de la evaporación. Está, sin embargo, el constante requerimiento primordial de que la resistencia de la pasta se debe mantener en la medida de lo posible.

30 Con respecto al control de la producción de pasta al sulfato a partir de madera de árboles de hoja caduca, tales como el abedul, las ideas desarrolladas para el control de la producción de pasta al sulfato a partir de madera de coníferas, tales como el pino, han sido, sencillamente, adoptadas por completo.

35 Si bien la resistencia de la pasta al sulfato de fibra corta es significativa para el fabricante de papel, esta propiedad no es tan dominante como lo es cuando se considera la pasta al sulfato de fibra larga. Las propiedades de la pasta al sulfato de fibra corta que son igual de importantes son su batibilidad, porosidad, etc., y sus propiedades químicas, tales como, por ejemplo, el contenido de restos que muestran carga, etc. El papel tiene varias resistencias diferentes, los ejemplos de tales son la resistencia a la tracción y la resistencia al rasgado. La resistencia a la tracción se mide como índice de tracción. Una propiedad relacionada para la que también tiene una influencia la rigidez del papel se mide como su índice de rigidez de tracción. La resistencia al rasgado se mide como índice de rasgado. La resistencia Z muestra la resistencia del papel contra la deslaminación, es decir, la resistencia del papel en una dirección vertical. Además, está la resistencia al estallido, que se mide por el índice de estallido. Este describe cómo resiste el papel una fuerza que es dirigida hacia el papel desde abajo. Puede ser la resistencia al rasgado la que sea importante para ciertos tipos de papel, y el valor del índice de rasgado es de mayor significación en estos casos, mientras que para ciertos otros tipos de papel puede ser la resistencia a la tracción la que sea la de mayor significación. La resistencia es de importancia secundaria para un grupo grande de tipos de papel, como se ha especificado previamente, y son otras propiedades físicas o las propiedades químicas, o ambas, las que son más importantes para estos tipos de papel.

40 Los parámetros de gran significación para el productor de pasta son el rendimiento de cocción y el brillo de la pasta después de la digestión. El término rendimiento de cocción se usa para denotar cuánto del material de lignocelulosa original permanece en la forma de pasta después de la digestión, calculado como un porcentaje en peso. El brillo de la pasta depende en parte del contenido de lignina de la pasta, el cual es especificado por un valor kappa. También la viscosidad de la pasta tiene una cierta significación para el productor de pasta, y también este parámetro depende en parte, de manera similar, del contenido de lignina de la pasta. La regla principal es que la viscosidad disminuye con el valor kappa. Hay, en ciertas condiciones, una correlación entre la viscosidad de la pasta y la resistencia del papel que se fabrica a partir de la pasta. Se conocen métodos para controlar la digestión de materiales

lignocelulósicos de, por ejemplo, la solicitud de patente europea EP 1528148 A2, la solicitud de patente de EE.UU. 20030178164 A1, la solicitud de patente de EE.UU. 4853084 A y la patente alemana DE 1965530 C1.

Descripción de la invención

Problema técnico

5 Para los métodos de control conocidos en la actualidad para la digestión de material de lignocelulosa de fibra corta, el centro de atención ha estado en que las fibras de pasta después de la digestión van a contener una cierta cantidad de lignina, medida, por ejemplo, por el valor kappa. Se ha probado darse el caso de que dos pastas con el mismo valor kappa, es decir, con el mismo contenido de lignina, después de la digestión y en su condición final, y usadas para la fabricación de papel, a menudo dan lugar a dos papeles con propiedades diferentes. Una o varias de las propiedades es o son de la mayor significación para cada tipo de papel, y es un problema principal para el fabricante de papel el que las pastas entregadas en ocasiones diferentes den lugar a variaciones, que pueden ser grandes, en la propiedad o propiedades particulares del papel producido.

La solución

15 Este problema se soluciona mediante el uso de la presente invención, que se refiere a un método para la producción de pasta química mediante la digestión (cocción) de material de lignocelulosa de fibra corta durante el uso de un cierto perfil creciente, una cierta temperatura máxima y un cierto tiempo a esta temperatura, y un cierto contenido de reactivos de cocción, por lo cual la pasta en asociación con la digestión completada se analiza con respecto al menos a dos propiedades de las fibras de pasta, una de las cuales está constituida por el contenido de lignina de estas, caracterizada porque se determina también el contenido de carbohidratos fácilmente solubles en las fibras de pasta, contenido que tiene significación para diversas propiedades de la pasta y del papel fabricado a partir de la pasta, y porque el control de los parámetros de cocción especificados anteriormente, en primer lugar, principalmente, está basado en el contenido de carbohidratos fácilmente solubles, y en segundo lugar, de manera secundaria, está basado en el contenido de lignina, y en este caso, preferiblemente, de una manera aproximada, a la vez que se conserva siempre la consideración de los dos niveles de contenido.

25 El método de control en cuestión es principalmente útil para la digestión de material de lignocelulosa bajo condiciones alcalinas y en particular durante la producción de pasta según el método al sulfato.

Es primordial para la invención la determinación del contenido de carbohidratos fácilmente solubles en la pasta inmediatamente después de la digestión. El análisis puede tener lugar en las astillas digeridas que están presentes en el fondo del digestor antes de que abandonen el digestor, o puede tener lugar en la pasta digerida después del digestor. Hay muchos métodos para determinar el contenido de carbohidratos fácilmente solubles en la pasta. Un método es poner una cierta cantidad de pasta en contacto con una disolución de hidróxido de sodio de baja concentración, por ejemplo en algún punto dentro del intervalo 1-10% de NaOH. Una concentración adecuada es 5%. Es posible analizar el valor R5 de la pasta, y esto puede tener lugar según el método SCAN-C2:61. El término valor R5 se usa para denotar la fracción en porcentaje de la pasta que no se disuelve en una disolución de hidróxido de sodio con una concentración de 5%, es decir, la fracción en porcentaje de la pasta que es resistente a esta disolución, que se conoce normalmente como lejía. El valor R5 para la pasta al sulfato de abedul está usualmente en el intervalo 70-85%. Hay una correlación entre los diferentes valores R en porcentaje de la pasta, y un productor de pasta individual es por tanto libre de elegir un valor R propio, tal como, por ejemplo, R3 o R7 en lugar de, por ejemplo, R5. Se debe determinar, sin embargo, uno y el mismo valor R durante el análisis de la pasta después de cada cocción cuando se usa cualquier relación de control particular, es decir, cualquier fórmula particular para el control de la cocción. Los métodos de medición descritos anteriormente son principalmente manuales, es decir, se retira una muestra de la pasta y se transfiere a un laboratorio donde tiene lugar el análisis. Hasta el punto en que estén disponibles más métodos de análisis automatizados del tipo descrito, posiblemente en la forma de ensayos en línea, estos van a ser preferidos desde el punto de vista del tiempo y la eficacia.

45 Los métodos de análisis descritos anteriormente son ejemplos de métodos de química húmeda. Otros métodos además de los mencionados anteriormente son R18, S5, S10 y S18. Otros métodos tales que se pueden usar son métodos colorimétricos y titulación. Otros métodos útiles de análisis son los que caen dentro del grupo de los métodos cromatográficos, tales como cromatografía iónica, cromatografía de fluidos, cromatografía de gases, cromatografía de división de tamaños y electroforesis capilar. Además, se puede usar análisis de inyección de flujo y análisis de inyección secuencial. Un grupo adicional de métodos de análisis incluye métodos espectroscópicos tales como FTIR, NIR, NMR, Raman y UV/VIS.

55 Un método de análisis que se puede usar ventajosamente para los ensayos en línea es la espectroscopía NIR (Infrarrojo Cercano). Este método se lleva a cabo de manera que la pasta es iluminada con ondas electromagnéticas que tienen longitudes de onda que están dentro de la región NIR. Ciertas longitudes de onda son absorbidas por los carbohidratos fácilmente solubles que están presentes en la pasta, y es posible entonces medir bien la absorción o bien la transmisión para obtener lo que se puede describir como una huella dactilar, la cual es un resultado de los carbohidratos fácilmente solubles presentes. Este es un método de medición indirecta, dado que la huella dactilar debe ser calibrada frente a un valor de carbohidratos fácilmente solubles, tal como, por ejemplo, el valor R5, del que

se sabe que es correcto. Se han llevado a cabo un gran número de experimentos, y estos muestran una relación uniforme y estable entre los valores de medida obtenidos según este método de medición y el valor R5. Se va a preferir un método de análisis de ensayo en línea, como se ha especificado previamente.

5 Además, se debe determinar el contenido de lignina de la pasta, preferiblemente expresado como valor kappa. Esto debe tener lugar bien para las astillas de madera digeridas que están presentes en el fondo del digestor o bien para la pasta después del digestor. El valor kappa es una medida de cómo es de grande un volumen de una disolución de permanganato de potasio (KMnO_4) a una concentración de 20 mmol/l, que es consumido por 1 g de pasta seca. Este método de medida ha sido regulado a lo largo de los años por estándares internacionales tales como SCAN-C1:00, SCAN-C1:77, ISO 302 1981 y TAPPI T236 cm-85. El estándar más reciente es ISO 302 2004. Todos estos
10 estándares son fundamentalmente similares unos a otros, y dan resultados muy similares. La medición se lleva a cabo tomando una muestra de la pasta y transfiriendo esta muestra al laboratorio, donde se seca y se pesa antes de ser analizada de la manera descrita anteriormente.

También están disponibles métodos de ensayo en línea que miden el valor kappa de una manera indirecta. Estos métodos se basan en la espectroscopía NIR. Un ejemplo de tal sistema de medida es el fabricado por ABB AB, conocido como "Smart Pulp Platform". Otro sistema de medida del valor kappa que se basa en la espectroscopía
15 NIR es el sistema KNA-5200 de BTG AB.

Como se ha indicado previamente, los fabricantes de papel no están totalmente satisfechos con, por ejemplo, las pastas al sulfato de abedul que son digeridas según la estrategia de control de que el contenido de lignina de la pasta que acaba de ser cocida se debe mantener constante. El personal de la fábrica de pasta no tiene nada contra tal estrategia de control, dado que el blanqueo de la pasta es facilitado si se alcanza de manera consistente un valor
20 kappa esencialmente constante para la pasta que entra en la planta de blanqueo. Es el fabricante de papel el que experimenta problemas, dado que la pasta que ha sido digerida según dicha estrategia de control varía con respecto a una o más propiedades que son importantes para el fabricante de papel. Esta situación ha conducido a ideas innovadoras de que puede haber algún otro objeto o propiedad, o ambos, de la pasta recién digerida (distinto al contenido en lignina) sobre el cual se pueda enfocar el control y sobre el cual se pueda basar. Ha resultado, sorprendentemente, ser el caso que este objeto está constituido por un rendimiento de cocción calculado = Y (abreviatura en inglés para "Rendimiento"). Esto está causado, principalmente, por la cantidad de los carbohidratos fácilmente solubles presentes en la pasta después de la cocción, que es relativamente sencilla de determinar mediante un análisis, de la cual se ha probado que tiene una cierta relación con Y. La razón por la que se usa un
25 rendimiento de cocción calculado como la base o como un factor dominante en el control es que no es posible determinar este parámetro o propiedad de una manera eficaz y fiable directamente en la planta del digestor o en la fábrica de pasta. Se ha producido una ecuación para calcular Y, basada en un gran número de cocciones de laboratorio, que tiene la siguiente forma:

$$Y = 76,25 - 0,56 \cdot EA - 0,064 \cdot T - 0,0002 \cdot t - 0,006H,$$

35 donde EA = la carga de álcali eficaz medida como un porcentaje, T = la temperatura máxima en grados Celsius, t = el tiempo en minutos durante el cual se mantiene la temperatura máxima, y H = el factor H, dado por una definición en otras partes de este documento. Se puede entender, a partir de lo anterior, que las constantes en la ecuación han sido determinadas empíricamente. El rendimiento calculado debe ser acoplado con uno o varios de los parámetros de cocción, tales como la temperatura máxima T o la carga de álcali eficaz EA, con el fin de poder controlar la
40 cocción.

Se dan a continuación varias ecuaciones que serán útiles cuando se lleve a cabo el control.

Las ecuaciones y el modo en que se usan las ecuaciones depende de si tiene lugar un cambio en la producción durante la cocción, o si se desea mantener un cierto conjunto de condiciones de funcionamiento. Las cargas de álcali eficaz (EA) dadas en las ecuaciones pueden ser suplementadas en el uso práctico por el contenido de álcali eficaz (EA) en el licor de cocción durante la cocción.
45

En el primer caso, las siguientes ecuaciones son válidas para el intervalo de temperatura relevante (se ha probado que es necesario ajustar las fórmulas a dos intervalos de temperatura máxima, tal como 150-160 °C y 160-170 °C respectivamente):

$$Y_{T1 \leq T \leq T2} = -\frac{b1 - R5}{a1} - \frac{T - T1}{T2 - T1} \cdot \left(\frac{R5 - b1}{a1} - \frac{R5 - b2}{a2} \right)$$

$$Y_{T2 \leq T \leq T3} = -\frac{b2 - R5}{a2} - \frac{T - T2}{T3 - T2} \cdot \left(\frac{R5 - b2}{a2} - \frac{R5 - b3}{a3} \right)$$

La carga de EA experimentada de las astillas de madera a un rendimiento de Y es descrita por:

$$EA_{T1 \leq T \leq T2} = \frac{Y - d1}{c1} - \frac{T - T1}{T2 - T1} \cdot \left(\frac{Y - d1}{c1} - \frac{Y - d2}{c2} \right)$$

$$EA_{T2 \leq T \leq T3} = \frac{Y - d2}{c2} - \frac{T - T2}{T3 - T2} \cdot \left(\frac{Y - d2}{c2} - \frac{Y - d3}{c3} \right)$$

- 5 En un cambio de las condiciones de funcionamiento a la carga de EA actual, el nuevo rendimiento de cocción será descrito por:

$$Y_{T1 \leq T \leq T2} = c1 \cdot EA + d1 - \frac{T - T1}{T2 - T1} \cdot (c1 \cdot EA + d1 - (c2 \cdot EA + d2))$$

$$Y_{T2 \leq T \leq T3} = c2 \cdot EA + d2 - \frac{T - T2}{T3 - T2} \cdot (c2 \cdot EA + d2 - (c3 \cdot EA + d3))$$

Para volver al rendimiento de cocción original, la carga de álcali eficaz = EA se cambia como se especifica en:

$$EA_{T1 \leq T \leq T2} = \frac{Y - d1}{c1} - \frac{T - T1}{T2 - T1} \cdot \left(\frac{Y - d1}{c1} - \frac{Y - d2}{c2} \right)$$

$$EA_{T2 \leq T \leq T3} = \frac{Y - d2}{c2} - \frac{T - T2}{T3 - T2} \cdot \left(\frac{Y - d1}{c2} - \frac{Y - d3}{c3} \right)$$

- 10 Las constantes a1, a2, a3, b1, b2, b3, c1, c2, c3, d1, d2 y d3 se determinan empíricamente.

En el segundo caso, las siguientes ecuaciones son válidas para el intervalo de temperatura relevante.

En este caso, se usa inicialmente un valor diana con respecto al contenido de carbohidratos fácilmente solubles, R5, en la pasta, y el rendimiento a este valor diana es determinado por:

$$Y_{T1 \leq T \leq T2} = \frac{b1 - R5}{a1} - \frac{T - T1}{T2 - T1} \cdot \left(\frac{R5 - b1}{a1} - \frac{R5 - b2}{a2} \right)$$

$$Y_{T2 \leq T \leq T3} = \frac{b2 - R5}{a2} - \frac{T - T2}{T3 - T2} \cdot \left(\frac{R5 - b2}{a2} - \frac{R5 - b3}{a3} \right)$$

y donde la carga de EA es descrita por:

$$EA_{T1 \leq T \leq T2} = \frac{Y - d1}{c1} - \frac{T - T1}{T2 - T1} \cdot \left(\frac{Y - d2}{c1} - \frac{Y - d2}{c2} \right)$$

$$EA_{T2 \leq T \leq T3} = \frac{Y - d2}{c2} - \frac{T - T2}{T3 - T2} \cdot \left(\frac{Y - d1}{c2} - \frac{Y - d3}{c3} \right)$$

- 5 Cuando el valor R5 medido muestra que el rendimiento de cocción ha sido cambiado de Y1 a Y2, la carga de álcali eficaz EA es compensada calculando por medio de la ecuación inmediatamente precedente como se especifica en:

$$\Delta EA = EA_{Y1} - EA_{Y2}$$

Las constantes a1, a2, a3, b1, b2, b3, c1, c2, c3, d1, d2 y d3 se determinan empíricamente.

- 10 Como ha quedado claro por lo anterior, el contenido medido de carbohidratos fácilmente solubles, por ejemplo el valor R5, tiene un acoplamiento directo con el control de la cocción. También, el contenido de lignina de la pasta inmediatamente después de la cocción, dado preferiblemente como valor kappa, se mide de manera rutinaria. Los valores numéricos medidos no contribuyen directamente a los algoritmos de control, y el contenido de lignina de la pasta, de hecho, se deja variar conscientemente entre diferentes cocciones. Lo que se hace a menudo desde el punto de vista del control es estudiar estos valores y asegurar que el valor kappa no se deje caer fuera de ciertos valores limitantes determinados. También es posible controlar el valor kappa a un valor óptimo por medio de lo que se conoce como método de Kappa-Batch descrito en la patente sueca 367 451 (6795/70).

Ventajas

- 20 Hay dos ventajas principales del método de control acorde con la invención. Una es que la pasta es adaptada para un cierto fabricante de papel. Si este fabricante de papel da la prioridad más alta a una propiedad particular o algunas propiedades particulares del papel, el productor de pasta puede producir, con la ayuda de la invención, una pasta con las propiedades correctas.

- 25 La segunda ventaja (y posiblemente la más importante) es que al fabricante de papel se le envía, de una manera consistente, una pasta de calidad uniforme con respecto a las diversas propiedades de la pasta y el papel, y esto se consigue independientemente del hecho de que la calidad de la madera que usa el productor de pasta varía, y de si surgen diversos problemas (tales como el fallo del equipo de seguimiento y el fallo del equipo clave) durante la producción de la pasta. Midiendo con frecuencia el nivel de los carbohidratos fácilmente solubles en el material digerido, es decir, en la pasta, se obtiene un conocimiento acerca de la condición, es decir, las propiedades, de la pasta.

- 30 La invención da también al productor de pasta la oportunidad de optimizar condiciones importantes, que son importantes para él o ella. Hay una posibilidad, por ejemplo, de optimizar el rendimiento de la pasta cuando se produce pasta con ciertas propiedades del papel. Un rendimiento más alto da más pasta, y, dado que el pago por la pasta se da por tonelada de pasta, una mayor cantidad de pasta producida significa que los ingresos serán más altos.

Descripción de los dibujos

- 35 La Figura 1 muestra una fábrica de pasta en una forma esquemática muy simplificada, en la que se usará el procedimiento para el control de la cocción acorde con la invención.

La Figura 2 muestra en un diagrama de polaridad cómo varían diferentes propiedades de la pasta y el papel para

tres pastas, que han sido producidas según la técnica anterior.

La Figura 3 muestra la relación entre el rendimiento de cocción como un porcentaje y la carga de álcali eficaz como un porcentaje para diversas cocciones de pasta al sulfato de abedul.

5 La Figura 4 muestra la relación entre el valor R5 medido como un porcentaje y el rendimiento de la cocción medido como un porcentaje en dichas cocciones de pasta al sulfato de abedul.

Mejor realización

Una realización preferida del método acorde con la invención será descrita ahora con referencia a la Figura 1, y finalmente se darán dos ejemplos de realizaciones.

10 La Figura 1 muestra un digestor 1 continuo. Un material de lignocelulosa, normalmente madera en la forma de astillas, se alimenta a una cierta velocidad en la parte superior del digestor 1. También, se alimenta una cierta cantidad de licor de cocción, de tal modo que se alcanza la relación madera/licor deseada. Además, la concentración del licor de cocción es controlada de tal modo que se obtiene la cantidad deseada de, por ejemplo, álcali eficaz = EA. Las astillas de madera son digeridas (cocidas) durante su paso hacia abajo a través del digestor hasta el punto en que el productor de pasta desee. La digestión de las astillas de madera tiene lugar a presión elevada y temperatura elevada. Hay, a menudo, una etapa de lavado en el fondo del digestor, en la que las astillas de madera digeridas son liberadas de la parte principal del licor de cocción usado, es decir, el licor de cocción gastado. En el momento en que las astillas de madera digeridas son extraídas del digestor, tiene lugar una severa reducción de presión hasta la presión atmosférica, y esto significa que las astillas de madera en su forma ablandada y modificada son divididas en principalmente fibras libres de pasta, es decir, se alcanza una liberación de las fibras y se ha formado la pasta. Esta pasta es transferida a través de la tubería 2 a la parte 3 restante de la fábrica de pasta. Se lleva a cabo un lavado adicional de la pasta en esta parte, y, además, un cribado de la pasta en varias etapas. La pasta es posteriormente blanqueada y la etapa o etapas de blanqueo iniciales se conoce o conocen como etapa o etapas de deslignificación, dado que la pasta es liberada en esta etapa o estas etapas de la parte principal de la cantidad de lignina que permanece en la pasta después de la digestión. Después de esto, siguen generalmente etapas de blanqueo adicionales en las que el brillo de la pasta es aumentado a un grado mayor, y la pasta es, además, liberada de grupos cromóforos. Pueden seguir después de esto etapas adicionales, antes de que la pasta sea transferida a través de la tubería 4 bien a una máquina receptora de pasta para la conversión de la pasta en pasta para la venta, o bien a una máquina 5 de fabricación de papel.

30 Es primordial para la invención la determinación del nivel de carbohidratos fácilmente solubles en la pasta que ha sido producida por la digestión. El valor R5 medido en tanto por ciento se puede elegir como una medida del contenido de carbohidratos fácilmente solubles, como se ha descrito anteriormente. Se prefiere que el valor R5 se determine por medio de espectroscopía NIR (según la descripción precedente) de la pasta en alguna posición a lo largo de la tubería 2, en la posición 6, por ejemplo. Esto se puede llevar a cabo en la práctica midiendo una muestra definida, lavada, de la pasta con ondas electromagnéticas dentro de la región NIR. Es posible en ciertos digestores retirar muestras de las astillas de madera digeridas que están presentes en el fondo del digestor. Dado que esta muestra es retirada del digestor, se consigue un procedimiento de liberación de fibras de tal modo que se forma la pasta, un procedimiento que es similar al procedimiento de la liberación de las fibras descrito anteriormente. La señal o valor medido es transferido por la línea 7 a una unidad 8 de control.

40 El contenido de lignina en la madera digerida, es decir, en la pasta, se mide de la misma manera en la posición 9 y la señal o valor medido es transferido por la línea 10 a la unidad 8 de control. Como se ha especificado previamente, está disponible un equipo comercial existente que se puede usar. Tal medición se lleva a cabo de manera rutinaria en muchas plantas digestoras.

45 Es normal, durante el procedimiento para el control de la cocción acorde con la invención, que el contenido de lignina de las astillas de madera digeridas, es decir, de la pasta, se deje variar con el tiempo y, si se considera una digestión por lotes (que no ha sido ilustrada aquí), de una cocción a la siguiente. Es principalmente el blanqueo deslignificador el que debe ser adaptado al hecho de que el contenido de lignina, en la forma de valor kappa, de la pasta de entrada varía de un tiempo a otro durante la digestión continua, y de una cocción a otra cuando se usa una cocción por lotes. Están disponibles también diversos sistemas de control para esto, y las variaciones en el contenido de lignina de la pasta son manejadas de manera rutinaria por el blanqueador. Esto significa que la pasta que abandona el procedimiento de producción tiene, por ejemplo, el valor predeterminado de brillo.

50 Con el fin de comprobar que la pasta presente en diversas posiciones, y principalmente la pasta producida final, tiene las propiedades que son esperadas no sólo por el productor de pasta sino también por el fabricante de papel, se debe recoger de varias posiciones la información acerca de estas propiedades. El brillo de la pasta, por ejemplo, se puede determinar en una o varias posiciones en la fábrica 3 de pasta, y la información se transmite por la línea 11 a la unidad 8 de control. Se pueden tomar muestras de la pasta final en la línea 4 y se pueden determinar diversas propiedades, incluyendo propiedades del papel, y la información se transmite por la línea 12 a la unidad 8 de control. Además, se pueden tomar muestras de la pasta laminada en la posición 5, si es pasta para la venta la que se produce, para diversos análisis, y la información acerca de estos se transmite por la línea 13 a la unidad 8 de

control. Si la pasta es transportada en forma de suspensión a una máquina 5 de fabricación de papel, se puede analizar el papel final y la información acerca de éste se transmite por la línea 13 a la unidad 8 de control. Se ha especificado aquí que se van a recoger muestras de la pasta, y posiblemente también del papel, y se van a llevar a cabo diversos análisis. Es posible también, por supuesto, llevar a cabo las mediciones directamente en la pasta mientras es extraída por medio de lo que se conoce como métodos de ensayo no destructivos, por ejemplo, los del tipo mencionado anteriormente en este documento.

Durante la producción continua de pasta de celulosa, y en este caso con respecto a la digestión o la cocción, tanto el perfil creciente como el tiempo (t) a la temperatura máxima (T) están a menudo predeterminados, dado que se alimenta una cierta cantidad de astillas de madera a una cierta velocidad en la parte superior del digestor 1. Además, el volumen del digestor 1 está predeterminado, y esto significa que también el tiempo en que las astillas de madera son mantenidas a la temperatura máxima está predeterminado. Los parámetros de cocción que están entonces disponibles para variar, es decir, que se pueden usar para el control, son la temperatura máxima (T) y la carga de álcali eficaz (EA). Es apropiado que se incluya un ordenador y un software en la unidad 8 de control, y que este software esté basado principalmente en las ecuaciones que se reproducen en otras partes de este documento. En base a los valores medidos de los análisis, y por tanto principalmente en el contenido de carbohidratos fácilmente solubles en las astillas de madera digeridas más recientemente, es decir, en la pasta recién formada, el software proporciona información no sólo concerniente a si es necesario llevar a cabo un cambio, sino también acerca de en qué debe consistir el cambio. El cambio consiste a menudo en un cambio en la carga de álcali eficaz (EA), o en el contenido de álcali eficaz (EA) durante el procedimiento de cocción, o ambos.

Si se desea cambiar la producción de pasta en un cierto momento, por ejemplo, para aumentar la producción, el tiempo que hace falta para que las astillas de madera pasen a través del digestor se cambia, es decir, el tiempo será más corto. Esto significa que el tiempo a la temperatura máxima será más corto del que era previamente. Con el fin de que el digestor tenga suficiente tiempo para la digestión y deslignificación deseada, es necesario, de manera general, aumentar la temperatura máxima, y está disponible un medio adicional que se puede usar, a saber, aumentar la carga de álcali eficaz (EA). Los detalles de cómo se va a llevar a cabo esto quedan claros por las relaciones y ecuaciones que se dan en otras partes de este documento.

El método de control acorde con la invención descrita anteriormente es para ser aplicado, como ha quedado claro, para una cocción continua. No será un problema para un experto en la técnica transferir las instrucciones a una cocción por lotes.

Ejemplo 1

Se llevaron a cabo tres experimentos en un laboratorio con la digestión (cocción) de madera de abedul según el método del sulfato. Los experimentos implicaban el control de la digestión según la tecnología de la técnica anterior, es decir, de tal modo que se alcanzó un valor kappa para las pastas a pesar de la variación en ciertos parámetros de cocción.

Se extrajeron troncos de abedul de un almacén de maderas de una fábrica de pasta y se transportaron al laboratorio. Los troncos se descortezaron a mano y se cortaron en astillas en una planta de obtención de astillas con alimentación por tolva. Las astillas obtenidas se caracterizaron con respecto a la geometría, densidad y composición química. Los métodos de análisis usados se dan en la Tabla 1 y los resultados de los análisis en la Tabla 2.

Tabla 1

Contenido de materia seca	= SCAN-CM 39:94
Densidad básica	= SCAN-CM 43:95
Densidad aparente	= SCAN-CM 46:92
Carbohidratos	= Método interno, KA 10.202
Materia soluble en acetona	= SCAN-CM 49:93
Contenido de metales	= SCAN-CM 38:96
Lignina	= CCA 5, algo modificado
Longitud de las fibras	= KCL 225:89

Tabla 2

Xilosa, g/kg	= 169
Manosa, g/kg	= 11,3
Galactosa, g/kg	= 10,1
Arabinosa, g/kg	= 3,1
Glucosa, g/kg	= 313
Longitud de las fibras, mm	= 1,04
Contenido de materia seca, %	= 64,1
Densidad aparente, kg/m ³	= 170
Densidad básica, kg/m ³ , fijada sin corteza	= 500
Contenido de lignina, %	= 20,6
Materia soluble en acetona, %	= 1,62
Hierro, mg/kg	= 49,7
Calcio, mg/kg	= 639
Cobre, mg/kg	= 1,6
Magnesio, mg/kg	= 177
Manganeso, mg/kg	= 110

5 El material de madera en la forma de las astillas descritas fue cocido en un digestor de circulación de laboratorio convencional. Cada cocción consistió en un lote de 2 kg de astillas. Además, se añadió licor blanco industrial y agua desionizada para dar la relación licor/madera deseada con el fin de obtener el licor de cocción. Las diferentes cocciones siguieron después el perfil creciente o el perfil de temperatura dado a continuación:

20 °C a 120 °C en 5 minutos
 120 °C a 145 °C en 120 minutos
 145 °C a 151 °C en 60 minutos.

10 Mantenido a 151 °C durante un tiempo que corresponde a un factor H dado.

Se usó el siguiente factor H =
$$\int_0^t e^{\left(\frac{38,2-14250}{273+T}\right)}$$

15 Se dan a continuación otras condiciones para cada experimento (cada cocción).

Cocción 1

Carga de álcali = 25% de álcali eficaz (EA), es decir, NaOH + ½ Na₂S, calculado en base a la madera
 Relación licor/madera = 3,5 l/kg
 Factor H = 270

20

Cocción 2

Carga de álcali = 20% de EA
 Relación licor/madera = 3,5 l/kg
 Factor H = 350

25

Cocción 3

Carga de álcali = 17% de EA
 Relación licor/madera = 3,5 l/kg
 Factor H = 500.

30

Se tomaron muestras del licor de cocción al final de la digestión (la cocción) con el fin de comprobar el contenido de álcali residual.

Después del lavado de la pasta con agua desionizada en el digestor, la pasta fue cribada. La pasta cribada se analizó usando los métodos de análisis que se especifican en la Tabla 3 a continuación.

5

Tabla 3

Valor kappa	= SCAN-C 1:00
Viscosidad	= SCAN-CM 15:88
Brillo	= SCAN-P 3:93
Rendimiento total	= Estándar interno
Nivel de rechazos	= Estándar interno
Álcali residual	= SCAN-N 33:94
Carbohidratos	= KA 10.202
Revoluciones de bateo	= EN 25264-2:1994
Grado de batibilidad	= ISO 5267-1:1999
Peso superficial	= ISO 536:1995
Módulo de Young, resistencia a la tracción, rigidez de tracción	= SCAN-P 67:93
Resistencia al rasgado	= EN 21974:1994
Resistencia al estallido	= SCAN-P 24:99
Resistencia Z	= ISO 8791-4

Los resultados de los análisis para cada pasta se dan en la Tabla 4 a continuación.

Tabla 4

Propiedad	Cocción		
	1	2	3
Valor kappa	16,0	16,2	16,3
Viscosidad, ml/g	1193	1264	1386
Brillo, % ISO	44,0	41,3	38,1
Álcali residual, g/l	17,9	8,0	2,3
Rendimiento, %	50,5	52,3	54,2
Rendimiento libre de lignina, rendimiento – 0,15·kappa	48,1	49,8	51,6
Rechazos, %	0,02	0,03	0,04
Hemicelulosa	26,4	28,2	28,6
Índice de tracción, Nm/g, valor medio a revoluciones de batido 1000, 2000, 3000	83,8	97,5	105,8
Índice de rigidez de tracción, MNm/kg, valor medio a revoluciones de batido 1000, 2000, 3000	9,7	10,3	11,0
Grado de batibilidad, °SR, valor medio a revoluciones de batido 1000, 2000, 3000	20,7	22,3	24,0
Índice de rasgado, mNm ² /kg, valor medio a índice de tracción 70, 80, 90	7,8	7,2	7,0

Índice de estallido, kPa m ² /g, valor medio a revoluciones de batido 1000, 2000, 3000	4,8	5,4	6,2
Resistencia Z, kPa, valor medio a revoluciones de batido 1000, 2000, 3000	651	731	758

Ciertos de estos valores medidos de propiedades de las tres pastas han sido introducidos en el diagrama polar que se reproduce en la Figura 2. El diagrama muestra nueve ejes, donde cada eje muestra los valores de las propiedades como se especifica a continuación:

- 5 14 = Valor kappa, 12-20
 15 = Rendimiento de cocción, 50-55
 16 = Índice de tracción, 80-110
 17 = Índice de rigidez de tracción, 9-11
 18 = Batibilidad, 20-25
- 10 19 = Índice de rasgado, 6-8
 20 = Índice de estallido, 4-7
 21 = Resistencia Z, 600-800
 22 = Brillo, 35-45
- 15 Con respecto a los valores numéricos que se especifican después de cada propiedad, el valor más bajo corresponde al centro del diagrama (el origen), es decir, donde empieza el eje, mientras que el valor más alto corresponde al final del eje. El eje 15 puede ser estudiado como un ejemplo, dando el rendimiento de cocción como un porcentaje. Un rendimiento de 50% es válido para el origen, mientras que la terminación, o final, del eje corresponde a un rendimiento de 55%.
- 20 A las diversas cocciones se les han dado los siguientes símbolos:
- ◆ - = Cocción 1
 - ■ - = Cocción 2
 - ▲ - = Cocción 3
- 25 Los parámetros que difieren entre las diversas cocciones con respecto a los parámetros de cocción son los niveles de compuestos químicos de cocción, es decir, la carga de álcali en la forma de álcali eficaz, y el tiempo a la temperatura máxima, regulado aquí por, y reproducido como, factor H. Estará claro para un experto en la técnica que si el nivel de compuestos químicos de cocción se reduce, el tiempo para la cocción debe ser aumentado, y en ese caso, normalmente el tiempo a la temperatura máxima, con el fin de conseguir la misma deslignificación de la madera, es decir, con el fin de alcanzar un valor de kappa dado, constante.
- 30 Como queda claro en el diagrama polar (véase el Eje 14), todas las tres cocciones han dado como resultado una pasta con el mismo valor kappa. Esta es la única propiedad que muestra igualdad. Las diferencias entre las diferentes pastas con respecto a todas las demás propiedades son sorprendentes. El diagrama muestra de una manera ilustrativa que no es posible producir y entregar una pasta con propiedades a las que el fabricante de papel da una alta prioridad, es decir, propiedades de un valor predeterminado durante la producción de pasta al sulfato a partir de madera de abedul cuando el control de la cocción está basado en obtener de manera consistente un cierto valor kappa, y lo peor de todo es que no es posible garantizar pasta con las propiedades a las que se da prioridad de una entrega a otra. Este es el caso para todos los fabricantes de papel, independientemente de si el fabricante recibe pasta en una forma seca (y laminada o en copos), o en una forma no seca, como una suspensión, desde una fábrica de pasta situada en las cercanías.
- 35
- 40 **Ejemplo 2**
- Se llevó a cabo un número muy grande de experimentos en un laboratorio que implicaron la digestión (cocción) de madera de abedul según el método del sulfato. El objetivo de los experimentos era no sólo desarrollar un modelo de control acorde con la invención para la digestión de material de lignocelulosa de fibra corta basado en la medición del contenido de carbohidratos fácilmente solubles en la pasta que se produce, sino también ver si el modelo de control daba el resultado pretendido.
- 45
- Se extrajeron troncos de abedul de un almacén de maderas de una fábrica de pasta y se transportaron al laboratorio. Los troncos se descortezaron a mano y se cortaron en astillas en una planta de obtención de astillas con alimentación por tolva. Las astillas obtenidas se caracterizaron con respecto a la geometría, densidad y composición química. Los métodos de análisis usados se indican en la Tabla 1 del Ejemplo 1. Los resultados de los análisis se presentan en la Tabla 5 a continuación.
- 50

Tabla 5

Glucosa, g/kg	= 320
Xilosa, g/kg	= 173
Manosa, g/kg	= 12,0
Galactosa, g/kg	= 11,1
Arabinosa, g/kg	= 2,8
Contenido de materia seca, %	= 63,1
Densidad aparente, kg/m ³	= 172
Densidad básica, kg/m ³ , fijada sin corteza	= 498

5 El material de madera en la forma de las astillas descritas fue cocido en un digestor de circulación de laboratorio convencional. Cada cocción consistió en un lote de 2 kg de astillas. Además, se añadió licor blanco industrial y agua desionizada para dar la relación licor/madera deseada con el fin de obtener el licor de cocción. Las diferentes cocciones siguieron después el perfil creciente o perfil de temperatura dado a continuación:

20 °C a 80 °C en 5 minutos

80 °C a la temperatura máxima en 60 minutos

Las temperaturas máximas usadas se dan en la Tabla 6.

15 Se usó el siguiente factor H =
$$\int_0^t e^{\left(\frac{38,2-14250}{273+T}\right)}$$

20 Otras condiciones para cada cocción se dan en la Tabla 6. La pasta se lavó después de la cocción con agua desionizada en el digestor. La pasta se cribó después con el fin de ser analizada finalmente usando varios de los métodos de análisis que se especifican en la Tabla 3 del Ejemplo 1.

Otras condiciones de premisa y datos en bruto de 25 cocciones se presentan en la Tabla 6 a continuación con respecto a diferentes propiedades de la pasta.

Tabla 6

Cocción	Carga de álcali %	Temp. máx. °C	Tiempo a temp. máx. min	Factor H	Rendimiento total %	Rendimiento libre de lignina * %	Rechazos %	Valor kappa	Visc., ml/g	Brillo ISO % ISO	R5 %
4	17	160	120	429	53,8	52,5	0,60	16,6	1340	39,3	76,3
5	19	160	120	429	52,8	51,7	0,10	14,4	1198	42,9	76,7
6	21	160	120	429	51,8	50,6	0,11	14,9	1126	42,1	78,2
7	23	160	100	363	51,7	50,6	0,10	14,7	1064	42,6	78,7
8	25	160	100	363	50,7	49,7	0,07	13,1	1026	43,3	80,1
9	27	160	80	297	49,4	48,4	0,12	13,4	995	45,0	81,5
10	29	160	80	297	48,3	47,4	0,23	12,7	939	44,7	83,4
11	17	150	220	350	54,9	53,4	0,91	18,5	1431	37,7	74,6
12	19	150	220	350	53,9	52,6	0,05	16,4	1309	40,3	75,6

13	21	150	220	350	53,2	51,6	0,03	16,4	1256	42,1	76,5
14	23	150	200	320	50,4	49,3	0,01	14,9	1206	42,8	78,2
15	25	150	200	320	51,1	50,0	0,01	14,2	1143	43,5	79,2
16	27	150	160	290	49,4	48,3	0,05	14,5	1127	44,2	80,7
17	29	150	160	290	49,2	48,2	0,06	13,4	1068	44,9	82,6
18	17	170	80	627	52,1	50,6	1,10	17,5	1291	37,8	76,1
19	19	170	80	627	50,8	49,7	0,15	14,6	1098	41,5	77,3
20	21	170	80	627	50,0	48,9	0,15	14,5	1027	40,8	78,5
21	23	170	60	488	49,1	48,0	0,50	15,2	900	41,7	79,5
22	25	170	60	488	48,0	47,0	0,25	13,9	886	42,6	81,5
23	27	170	40	349	47,6	46,7	0,38	13,0	892	43,7	82,5
24	29	170	40	349	45,9	45,1	0,57	12,3	791	44,6	84,3
25	18	150	220	350	54,5	53,0	0,24	17,8	1384	39,3	77,0
26	18	160	120	429	53,1	51,8	0,14	16,9	1291	39,4	74,8
27	22	160	100	363	51,2	50,0	0,05	15,2	1108	42,2	78,1
28	22	170	60	488	49,8	48,7	0,12	14,5	1019	41,9	78,8
* Rendimiento libre de lignina = Rendimiento total (1 - 0,15 · Kappa/100)											

- 5 El estudio de la información dada en la tabla deja claro que los niveles seleccionados de carga de álcali eficaz (dada como carga de álcali en la tabla y en las Figuras 3 y 4), la temperatura máxima y el tiempo a la temperatura máxima dieron grandes diferencias en las propiedades de la pasta. El rendimiento de cocción, por ejemplo, varió entre 46 y 55%, es decir, una diferencia de 9 puntos de porcentaje. El rendimiento de cocción disminuye al aumentar la carga de álcali eficaz, la temperatura y el tiempo. Hay una marcada reducción en el rendimiento cuando la temperatura se eleva de 160 a 170 °C. La diferencia en rendimiento entre las pastas cocidas a 150 °C y 160 °C no es tan grande. Es probable que la celulosa de la pasta se degrade hasta un grado más alto a temperaturas de cocción altas.
- 10 Las Figuras 3 y 4 dejan claro que si se calcula la correlación para diferentes condiciones de funcionamiento - en este caso la temperatura máxima -, el rendimiento puede ser medido indirectamente por medio del análisis del contenido de carbohidratos fácilmente solubles, por ejemplo R5, en la pasta.
- Esta relación y este entendimiento forman la base de la estrategia de control revelada para, por ejemplo, la producción de pasta al sulfato de acuerdo con la invención.
- 15 Se ha desarrollado un modelo para el resultado, o respuesta relevante - rendimiento, valor kappa, viscosidad y R5 - usando cálculos de PLS (siglas en inglés de "Mínimos Cuadrados de Partículas") sobre los resultados de las 25 cocciones. Los modelos obtenidos son modelos lineales y pueden ser ejemplificados por la ecuación para calcular el rendimiento, dada en la página 3 de este documento.
- La Tabla 7 a continuación muestra modelos de control que están basados en el tratamiento PLS de las cocciones de laboratorio llevadas a cabo.

Tabla 7

Variables del control		Constantes			
		Rendimiento % 76,25	Visc. ml/g 2509,001	Valor kappa 27,46	R5 % 62,661
Carga de EA, %	21	-0,556	-30,72	-0,395	0,5791
Temperatura máx., °C	160	-0,064	-4,689	-0,023	0,0261
Tiempo a la temperatura máx., min	120	-0,0002	0,789	0,003	-0,007
Factor H	429	51,6	1161	15,6	77,9

5 Las propiedades físicas, tales como el índice de tracción, el índice de rasgado, la batibilidad, etc., de las pastas a diferentes rendimientos han sido aproximadas usando regresión lineal para las propiedades físicas obtenidas a diferentes rendimientos en los experimentos que se presentan en el Ejemplo 1.

Finalmente, se llevaron a cabo tres experimentos adicionales en la forma de cocciones 29, 30 y 31.

Se usaron las mismas astillas en estos experimentos que las usadas en el Ejemplo 1, y, además, se usaron los mismos perfiles crecientes o perfiles de temperatura que los usados en ese ejemplo.

10 Las cocciones se llevaron a cabo en el digestor del laboratorio según el método de lotes, pero se simuló una cocción continua a gran escala de la siguiente manera. En una primera condición 29 de funcionamiento, que simula una cierta producción de pasta en un digestor continuo, los parámetros de cocción fueron como sigue: carga de álcali eficaz = 21%, temperatura máxima = 160 °C, tiempo a la temperatura máxima = 120 minutos, y factor H = 429. En la
15 segunda condición 30 de funcionamiento se simula que la producción de pasta es aumentada hasta un cierto nivel más alto. Eso significa que las astillas de madera fluyen hacia abajo a través del digestor a una velocidad más alta que previamente, lo que conduce a que el tiempo a la temperatura máxima también es reducido, en este caso a 100 minutos. Un experto en la técnica sabrá que en este caso la temperatura máxima debe ser elevada con el fin de obtener aproximadamente el mismo grado de digestión de las astillas de madera tratadas que abandonan el digestor como previamente. La temperatura máxima se elevó en este caso a 165 °C, lo que significó que el factor H se elevó a 532. La carga de álcali eficaz fue la misma que previamente, es decir, 21%. En la tercera condición de
20 funcionamiento, se intenta volver a las mismas propiedades de la pasta y el papel que las mostradas por la pasta acorde con la condición original, es decir, la cocción 29. Es en esta condición en donde se usará el método de control acorde con la invención. El tiempo a la temperatura máxima está predeterminado y no puede ser cambiado, y es, como lo fue en la cocción 30, cien (100) minutos. Usando el valor R5 medido y en base a este rendimiento de cocción calculado, la relación de control descrita previamente (véanse las ecuaciones dadas para el intervalo más
25 alto de temperaturas, es decir, 160-170 °C) mostró que la temperatura máxima = 165 °C y el factor H = 532 pudieron ser retenidos de la condición 2 de funcionamiento, es decir, la cocción 30, y que la carga de álcali eficaz se debe reducir a 19%.

Las propiedades de la pasta y el papel medidas se dan en la Tabla 8.

Tabla 8

	Cocción		
	29	30	31
Rendimiento, %	51,6	50,6	51,8
Valor kappa	15,6	15,3	16,1
Viscosidad, ml/g	1161	1110	1172
Brillo, % ISO	42,4	44,0	42,0
R5, %	77,9	78,1	77,0
Índice de tracción, Nm/g	92,2	83,8	93,7
Índice de rigidez de tracción, MNm/Kg	10,1	9,7	10,1
Grado de batibilidad, °SR	21,7	20,9	21,9

Índice de rasgado, mNm^2/g	7,4	7,8	7,4
Índice de estallido, kPam^2/g	5,2	4,8	5,2
Resistencia Z, kPa	700	651	709

5 Si se estudian las propiedades de papel de las pastas que fueron producidas en las cocciones 29, 30 y 31, se puede ver que todas estas propiedades son casi idénticas para las cocciones 29 y 31, mientras que estas propiedades para la cocción 30 son notablemente diferentes. Esto muestra que es posible, con el método de control acorde con la invención, volver a producir de una manera exitosa una pasta con las propiedades de pasta y papel deseadas después de los cambios en las condiciones de funcionamiento, y también después de interrupciones no planeadas en el funcionamiento. Esto se puede comparar con las pastas que, durante la producción, respecto a la digestión, han sido controladas según la técnica anterior y cuyas propiedades de pasta y papel se representan en el diagrama polar de la Figura 2. El diagrama deja claro que, por ejemplo, las propiedades de papel de estas pastas varían de 10 una manera muy incontrolada.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la producción de pasta química por digestión (cocción) de material de lignocelulosa de fibra corta con el uso de un cierto perfil creciente, una cierta temperatura máxima, un cierto tiempo a esta temperatura máxima y un cierto contenido de reactivos de cocción, por los que la pasta en asociación con el final de la digestión es analizada con respecto al menos a dos propiedades de las fibras de la pasta, una de las cuales está constituida por el contenido en lignina de estas, **caracterizado porque** se determina también el contenido de carbohidratos fácilmente solubles en las fibras de la pasta, contenido que tiene una influencia sobre varias propiedades de la pasta y del papel fabricado a partir de la pasta, y **porque** el control de los parámetros de cocción especificados anteriormente está basado, en primer lugar, principalmente, en el contenido de carbohidratos fácilmente solubles, y en segundo lugar, de manera secundaria, en el contenido de lignina, y en este caso, preferiblemente, de una manera que es aproximada, aunque, no obstante, siempre tomando ambos contenidos en consideración.
2. El método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la digestión tiene lugar en condiciones alcalinas.
3. El método según las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado porque** la digestión tiene lugar según el método del sulfato, es decir, de tal modo que se produce pasta al sulfato.
4. El método según las reivindicaciones 1-3, **caracterizado porque** el contenido de carbohidratos fácilmente solubles en las fibras se determina mediante las fibras de pasta que se ponen en una disolución de hidróxido de sodio con una concentración de 1 - 10%, preferiblemente 5%.
5. El método según las reivindicaciones 1-3, **caracterizado porque** el contenido de carbohidratos fácilmente solubles en las fibras se determina de una manera indirecta por medio de espectroscopía NIR (Infrarrojo Cercano).
6. El método según las reivindicaciones 1-3, **caracterizado porque** el contenido de lignina en las fibras se determina como un valor kappa de una manera indirecta por medio de espectroscopía NIR (Infrarrojo Cercano).
7. El método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el rendimiento de cocción (Y), que está relacionado con la cantidad medida de carbohidratos fácilmente solubles, se selecciona como dominante en el control de la cocción junto con los parámetros de cocción: temperatura máxima (T) en °C, tiempo (t) en minutos a la temperatura máxima, factor H, y productos químicos de cocción cargados en la forma de álcali eficaz (EA) en porcentaje en peso (%), y el contenido de álcali eficaz (EA) durante la digestión.
8. El método según las reivindicaciones 1 y 7, **caracterizado porque** el control de la cocción está basado en un mantenimiento del rendimiento de cocción Y calculado, y tiene lugar según la siguiente descripción en el caso de un cambio en la producción, el rendimiento de cocción para las condiciones de funcionamiento actuales se determina a partir del contenido de carbohidratos fácilmente solubles en la pasta en la forma de análisis del R5 según (para el intervalo relevante de

$$Y_{T1 \leq T \leq T2} = -\frac{b1 - R5}{a1} - \frac{T - T1}{T2 - T1} \cdot \left(\frac{R5 - b1}{a1} - \frac{R5 - b2}{a2} \right)$$

$$Y_{T2 \leq T \leq T3} = -\frac{b2 - R5}{a2} - \frac{T - T2}{T3 - T2} \cdot \left(\frac{R5 - b2}{a2} - \frac{R5 - b3}{a3} \right)$$

temperatura):

35 y donde la carga de EA experimentada de las astillas de madera a un rendimiento de Y es descrita por:

$$EA_{T1 \leq T \leq T2} = \frac{Y - d1}{c1} - \frac{T - T1}{T2 - T1} \cdot \left(\frac{Y - d1}{c1} - \frac{Y - d2}{c2} \right)$$

$$EA_{T2 \leq T \leq T3} = \frac{Y - d2}{c2} - \frac{T - T2}{T3 - T2} \cdot \left(\frac{Y - d2}{c2} - \frac{Y - d3}{c3} \right)$$

y el nuevo rendimiento de cocción en el caso de un cambio en la condición de funcionamiento a la carga de EA relevante es descrito por:

$$Y_{T1 \leq T \leq T2} = c1 \cdot EA + d1 - \frac{T - T1}{T2 - T1} \cdot (c1 \cdot EA + d1 - (c2 \cdot EA + d2))$$

$$Y_{T2 \leq T \leq T3} = c2 \cdot EA + d2 - \frac{T - T2}{T3 - T2} \cdot (c2 \cdot EA + d2 - (c3 \cdot EA + d3))$$

y para volver al rendimiento de cocción original, la carga de álcali eficaz EA es cambiada de acuerdo con:

$$EA_{T1 \leq T \leq T2} = \frac{Y - d1}{c1} - \frac{T - T1}{T2 - T1} \cdot \left(\frac{Y - d1}{c1} - \frac{Y - d2}{c2} \right)$$

$$EA_{T2 \leq T \leq T3} = \frac{Y - d2}{c2} - \frac{T - T2}{T3 - T2} \cdot \left(\frac{Y - d1}{c2} - \frac{Y - d3}{c3} \right)$$

5 y donde las constantes a1, a2, a3, b1, b2, b3, c1, c2, c3, d1, d2 y d3 se determinan empíricamente.

9. El método según las reivindicaciones 1 y 7, **caracterizado porque** el control de la cocción está basado en mantener constante el rendimiento de cocción Y calculado, y cuando una condición de funcionamiento particular es para ser mantenida, tiene lugar lo siguiente, se usa inicialmente un valor diana con respecto al contenido de carbohidratos fácilmente solubles R5, y el rendimiento de cocción a este valor diana se determina por (para el intervalo de temperatura relevante):

10

$$Y_{T1 \leq T \leq T2} = \frac{b1 - R5}{a1} - \frac{T - T1}{T2 - T1} \cdot \left(\frac{R5 - b1}{a1} - \frac{R5 - b2}{a2} \right)$$

$$Y_{T2 \leq T \leq T3} = \frac{b2 - R5}{a2} - \frac{T - T2}{T3 - T2} \cdot \left(\frac{R5 - b2}{a2} - \frac{R5 - b3}{a3} \right)$$

y donde la carga de EA es descrita por:

$$EA_{T1 \leq T \leq T2} = \frac{Y - d1}{c1} - \frac{T - T1}{T2 - T1} \cdot \left(\frac{Y - d2}{c1} - \frac{Y - d2}{c2} \right)$$

$$EA_{T2 \leq T \leq T3} = \frac{Y - d2}{c2} - \frac{T - T2}{T3 - T2} \cdot \left(\frac{Y - d1}{c2} - \frac{Y - d3}{c3} \right)$$

15 y cuando el valor R5 medido muestra que el rendimiento de cocción ha sido cambiado de Y1 a Y2, entonces la carga de álcali eficaz EA es compensada mediante el cálculo por medio de la ecuación inmediatamente precedente, según:

$$\Delta EA = EA_{Y1} - EA_{Y2}$$

20 y donde las constantes a1, a2, a3, b1, b2, b3, c1, c2, c3, d1, d2 y d3 se determinan empíricamente.

Fig 1

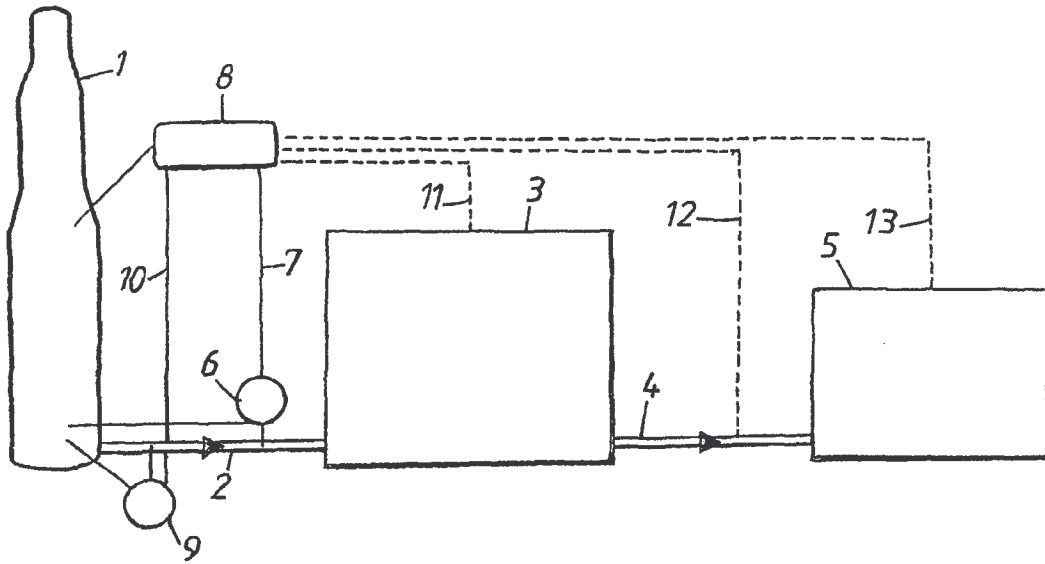


Fig 2

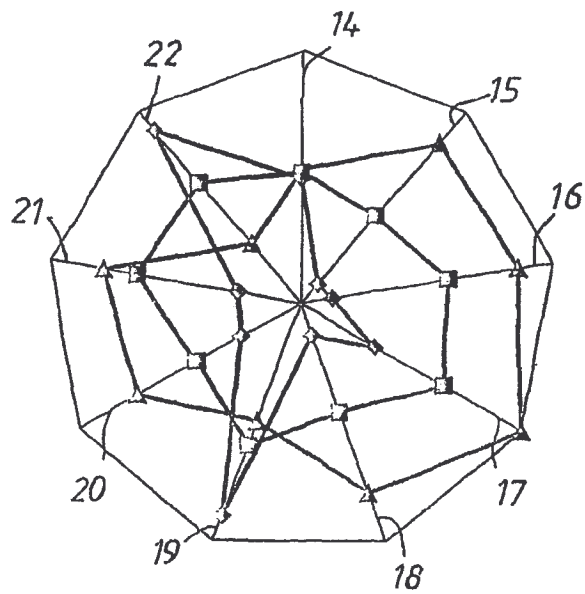


Fig. 3

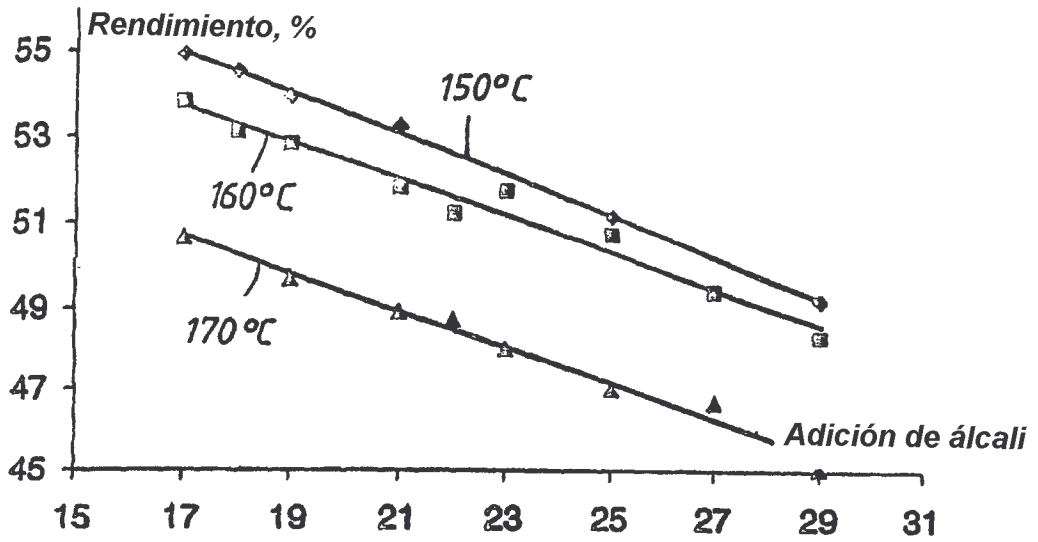


Fig. 4

