



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0620303-5 A2**

(22) Data de Depósito: 21/12/2006
(43) Data da Publicação: 08/11/2011
(RPI 2131)



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

(54) Título: MÉTODO PARA CONTROLAR UM PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE POLPA DE CELULOSE DE FIBRAS CURTAS

(30) Prioridade Unionista: 23/12/2005 SE 05 02899-8

(73) Titular(es): More Research Örnköldsvik AB

(72) Inventor(es): Per Stefan Svensson, Sture Erik Olof Noreus

(74) Procurador(es): Dannemann ,Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT SE2006001486 de 21/12/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/073312 de 28/06/2007

(57) Resumo: MÉTODO PARA CONTROLAR UM PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE POLPA DE CELULOSE DE FIBRAS CURTAS. Exigências especiais são estabelecidas nas propriedades de polpa de celulose de fibras curtas quando este tipo de polpa é usado na fabricação de papel, e um fabricante de papel deseja primariamente uma polpa com propriedades previsíveis e constantes. A presente invenção possibilita a produção de tal polpa e consiste em um método para a produção de polpa química pela digestão de material de lignocelulose de fibras curtas com o uso de certo perfil em rampa, certa temperatura máxima, certo tempo nesta temperatura máxima, e certo teor de reagentes de cozimento, pelo que a polpa em associação com a extremidade da digestão com respeito a pelo menos duas propriedades de fibras de polpa, uma das quais é constituída pelo teor de lignina destes, e em que é determinado o teor de carboidratos prontamente solúveis nas fibras de polpa, cujo teor tem influência sobre várias propriedades da polpa e de papel fabricado da polpa e aquele controle dos parâmetros de cozimento especificados é baseado, em primeiro lugar, no teor de carboidratos prontamente solúveis e em segundo lugar, no teor de lignina e, neste caso, preferivelmente, de um modo que aproximado, embora, contudo, ambos sejam sempre levados em consideração.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "MÉTODO PARA CONTROLAR UM PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE POLPA DE CELULOSE DE FIBRAS CURTAS".

Campo Técnico

5 A presente invenção refere-se a um método para produção de polpa química pela digestão (cozimento) de material de lignocelulose de fibras curtas, em particular, refere-se a um método para controlar o processo de digestão de modo que papel fabricado da polpa demonstra, consistentemente, qualidade uniforme com respeito a uma ou várias propriedades que
10 são importantes para diferentes tipos de papel.

O conceito de polpa química compreende a digestão do material de lignocelulose sob condições ácidas ou alcalinas. Um exemplo, de uma polpa do primeiro tipo é polpa de sulfito, enquanto exemplos do segundo tipo incluem polpa de sulfato, polpa de polissulfeto, e polpa de soda, onde o ma-
15 terial de lignocelulose é digerido com hidróxido de sódio, ou que este produto químico é suplementado por um aditivo, tal como, por exemplo, antraquinona.

Existem muitos materiais de lignocelulose e eles podem ser classificados de materiais de fibras longas e de fibras curtas. É durante a
20 digestão de material de lignocelulose de fibras curtas que a presente invenção pode ser usada. O material de lignocelulose que domina como matéria-prima quando a polpa que está sendo produzida é de madeira proveniente de árvores. Exemplos de tipos de árvores que possuem madeira de fibras curtas são árvores decíduas, em particular, bétula, faia, choupo tremedor,
25 carvalho, eucalipto, etc.

Técnica Anterior

Métodos de controle correntemente conhecidos para a produção de, por exemplo, polpa de sulfato, foca na polpa depois da digestão tendo certo teor de lignina, freqüentemente medido como um valor de cappa. Na
30 ocasião em que esses métodos de controle foram desenvolvidos, a concentração era focada na produção de polpa de sulfato de madeira conífera, tais como madeira de pinho e de espruce. A propriedade dominante da polpa

era, e ainda é, sua resistência. O produtor fica satisfeito quando é possível produzir uma polpa final, inclusive polpas que têm alta luminosidade, com uma resistência relativamente baixa. O grau para o qual a digestão e a deslignificação progridem, isto é o valor de cappa que é alcançado, varia. Ele
5 depende de tais fatores tais como o tipo de polpa de sulfato que está sendo produzida, ou seja, o uso ao qual a polpa vai ser aplicada, e da matéria-prima de madeira. Além disso, equilíbrio é atingido com respeito a quanto da lignina original da madeira é para ser removida durante a digestão, e a quanto é para ser removida durante os estágios de deslignificação na planta de
10 branqueamento. Aspectos ambientais fazem com que seja preferível permitir que a digestão prossiga para um estágio avançado, já que, neste caso, é fácil administrar a lignina dissolvida (e fragmentos de lignina) no licor de cozimento gasto, que é queimado em uma caldeira de soda depois da evaporação. Há, contudo, uma exigência muito importante e constante que é man-
15 ter a resistência da polpa até onde possível.

Com respeito ao controle da produção de polpa de sulfato de madeira decídua, tal como bétula, as idéias desenvolvidas para o controle da produção de polpa de sulfato de madeira conífera, tal como pinho, têm sido bastante simples e integralmente adotadas.

20 Mesmo que a resistência da polpa de sulfato de fibras curtas seja significativa para o fabricante de papel, esta propriedade não é tão dominante quando polpa de sulfato de fibras longas está sendo considerada. As propriedades da polpa de sulfato de fibras curtas que são tão importantes quanto o seu refinamento, porosidade, etc., e suas propriedades químicas,
25 tais como, por exemplo, o teor de frações que demonstram a carga, etc. O papel tem várias resistências diferentes, cujos exemplos são resistência à tração e resistência ao rasgo. A resistência ao rasgo é medida como índice de tração. Uma propriedade relacionada sobre a qual a rigidez do papel tem influência é medida como seu índice de rigidez na tração. A resistência ao
30 rasgo é medida como índice de rasgo. A resistência Z demonstra a resistência do papel versus deslaminação, isto é, resistência do papel em uma direção vertical. Ainda, há a resistência ao arrebentamento, que é medida pelo

índice de arrebentamento. Esse descreve como o papel resiste a uma força que é direcionada no papel a partir de baixo. Pode ser a resistência ao rasgo que é importante para certos tipos de papel, e o valor do índice de rasgo tem maior significância nestes casos, enquanto para outros certos tipos de papel podem ser a resistência à tração que tem a maior significância. Resistência é de importância secundária para um grande grupo de tipos de papel, como foi anteriormente especificado, e há outras propriedades físicas ou propriedades químicas, ou ambas, que são mais importantes para este tipo de papel.

Parâmetros de grande significado para os produtos de polpa compreendem o rendimento de cozimento e a luminosidade da polpa depois da digestão. O termo rendimento de cozimento é usado para denotar quanto do material de lignocelulose original permanece na forma de polpa depois da digestão, calculado como percentagem em peso. A luminosidade da polpa depende parcialmente do teor de lignina da polpa, que é especificado por um valor de cappa. Também, a viscosidade da polpa tem certa significância para o produtor de polpa, e este parâmetro depende também, de forma similar, parcialmente do teor de lignina da polpa. A principal regra é que a viscosidade diminui com o valor de cappa. Há em certas condições uma correlação entre a viscosidade da polpa e a resistência do papel que é fabricado da polpa.

Descrição da Invenção

Problema Técnico

Para métodos de controle da digestão de material de lignocelulose de fibras curtas, correntemente conhecidos, o foco tem sido nas fibras da polpa que após a digestão devem conter certa quantidade de lignina, medida por, por exemplo, o valor de cappa. Foi provado ser que duas polpas com o mesmo valor de cappa, isto é com o mesmo teor de lignina, depois da digestão e em sua condição final, e, usadas para fabricação de papel, dão origem, freqüentemente, a dois papéis com propriedades diferentes. Uma ou várias propriedades têm maior significância para cada tipo de papel, e é um grande problema para o fabricante de papel se as polpas distribuídas em

ocasiões diferentes dêem origem a variações, que podem ser grandes, na propriedade ou propriedades particulares do papel produzido.

A Solução

Esse problema é resolvido pelo uso da presente invenção, que se refere a um método para a produção de polpa química através da digestão (cozimento) de material lignocelulósico de fibras curtas durante o uso de certo perfil em rampa, de certa temperatura máxima e de certo tempo nesta temperatura, e de certo teor de reagentes de cozimento, pelo que a polpa em associação com a digestão completa é analisada com respeito a pelo menos duas propriedades das fibras de polpa, uma das quais é constituída pelo teor de lignina destas, caracterizado em que também o teor de carboidratos prontamente solúveis nas fibras da polpa é determinado, cujo teor tem significância para várias propriedades da polpa e do papel fabricado da polpa, e em que o controle dos parâmetros de cozimento especificados acima é, em primeiro lugar, baseado no teor de carboidratos prontamente solúveis, e, em segundo lugar, é baseado no teor de lignina, e, neste caso, preferivelmente, em um modo aproximado, enquanto sempre se retém a consideração dos dois níveis de teor.

O método de controle em questão é principalmente útil para a digestão de material de lignocelulose sob condições alcalinas e em particular durante a produção de polpa de acordo com o método de sulfato.

Essencial para a invenção é a determinação do teor de carboidratos prontamente solúveis na polpa imediatamente depois da digestão. A análise pode ser efetuada nos cavacos digeridos no fundo do digestor antes que eles deixem o digestor, ou pode ser efetuada na polpa digerida depois do digestor. Existem métodos para determinar o teor de carboidratos prontamente solúveis na polpa. Um método consiste em contatar certa quantidade da polpa com uma solução de hidróxido de sódio de baixa concentração, por exemplo, algo dentro do intervalo de 1 a 10% de NaOH. Uma concentração adequada é 5%. É possível analisar o valor R5 da polpa e isto pode ser feito de acordo com o método SCAN-C2:61. O termo valor R5 como usado significa uma fração percentual da polpa que não é dissolvida em uma solu-

ção de hidróxido de sódio com uma concentração de 5%, isto é, a fração percentual da polpa que é resistente a esta solução, que é normalmente conhecida como lixívia. O valor R5 para sulfato de bétula está usualmente dentro do intervalo de 70-85%. Há uma correlação entre os diferentes valores R percentuais da polpa, e um produtor de polpa individual está, assim, livre para escolher um valor R próprio, tal como, por exemplo, R3 ou R7, em vez de, por exemplo, R5. Contudo, um e o mesmo valor R devem ser determinados durante a análise da polpa depois de cada cozimento quando se usa qualquer relação de controle particular, isto é qualquer fórmula particular para o controle do cozimento. Os métodos de medição descritos acima são principalmente manuais, isto é uma amostra é removida da polpa e transferida para um laboratório onde ocorre a análise. Até onde mais métodos de análise automatizados do tipo descrito, possivelmente na forma de teste online, estão disponíveis, estes devem ser preferidos do ponto de vista de tempo e eficácia.

Os métodos de análise descritos acima são exemplos de métodos químicos via úmida. Outros métodos além daqueles mencionados acima são R18, S5, S10 e S18. Outros de tais métodos que podem ser usados são métodos colorimétricos e titulação. Outros métodos úteis de análise são aqueles que se enquadram no grupo de métodos cromatográficos, tal como cromatografia iônica, cromatografia fluida, cromatografia gasosa, cromatografia de divisão de tamanho, e eletroforese capilar. Ainda, a análise de injeção de fluxo e a análise de injeção sequencial podem ser usadas. Um outro grupo de métodos de análise inclui métodos espectroscópicos tais como FTIR, NIR, RMN, Raman, e UV/VIS.

Um método de análise que pode ser vantajosamente usado para teste online é espectroscopia NIR (Infravermelho Próximo). O método é efetuado na polpa que é iluminada com ondas eletromagnéticas que têm comprimentos de onda dentro da região NIR. Certos comprimentos de onda são absorvidos pelos carboidratos prontamente solúveis que estão presentes na polpa, e então é possível medir tanto a absorção como a transmissão para obter o que pode ser descrito como impressão digital, que é o resultado dos

carboidratos prontamente solúveis, particulares, presentes. Esse é um método de medição indireta, já que a impressão digital deve ser calibrada contra um valor de carboidratos prontamente solúveis, tal como, por exemplo, o valor R5, que é sabido estar correto. Uma grande variedade de experimentos tem sido efetuada, e esta mostra uma relação igual e estável entre os valores de medição obtidos de acordo com este método de medição e o valor R5. Um método de análise online é o preferido, conforme especificado previamente.

Também, o teor de lignina da polpa, preferivelmente expresso como valor de cappa, é para ser determinado. Isso é para ocorrer tanto para os cavacos de madeira digeridos no fundo do digestor como para a polpa depois do digestor. O valor de cappa é uma medida de quão grande um volume de solução de permanganato de potássio (KMnO_4), em uma concentração de 20 mmols/L, é consumido por 1 g de polpa seca. Essa medição foi regulada através dos anos por padrões internacionais, tais como SCAN-C1:00, SCAN-C1:77, ISO 302 1981 e TAPPI T236 cm -85. O padrão mais recente é ISO 302-2004. Todos esses padrões são fundamentalmente similares uns aos outros e dão resultados similares. A medição é efetuada por colher uma amostra da polpa e transferir esta amostra para o laboratório, onde ela é secada e pesada antes de ser analisada do modo descrito acima.

Métodos de teste online estão também disponíveis para medir o valor de cappa de um modo indireto. Esses métodos são baseados na espectroscopia NIR. Um exemplo de tal sistema de medição é aquele fabricado por ABB AB, conhecido como "Plataforma de Polpa Inteligente". Um outro sistema de medição do valor de cappa que se baseia na espectroscopia NIR é o sistema KNA-5200 de BTG AB.

Como estabelecido anteriormente, os fabricantes de papel não estão inteiramente satisfeitos com, por exemplo, as polpas de sulfato de bétula que são digeridas de acordo com a estratégia de controle onde o teor de lignina da polpa que foi recém-cozida deve ser mantido constante. O pessoal no moinho de polpa não tem nada contra tal estratégia de controle, já que o branqueamento da polpa é facilitado se um valor de cappa essencial cons-

tante é consistentemente atingido pela polpa que entra na planta de branqueamento. É o fabricante de papel que tem problemas, pois a polpa que foi digerida de acordo com a dita estratégia de controle varia com respeito a uma ou mais propriedades que são importantes para o fabricante de papel.

- 5 Essa situação tem levado a idéias inovadoras que podem ser outra finalidade ou propriedade, ou ambas, da polpa recém-digerida (diferente do teor de lignina) sobre a qual o controle é para ser focado e sobre a qual ele deve ser baseado. Isso tem se tornado surpreendentemente o caso em que essa finalidade é constituída por um rendimento de cozimento calculado = Y (abrevia-
- 10 tura para "Rendimento"). Isso é provocado, principalmente, pela quantidade dos carboidratos prontamente solúveis na polpa depois do cozimento, que é relativamente simples de se determinar por análise, tendo sido provado que tem certa relação para Y. A razão pela qual um rendimento de cozimento calculado é usado como a base ou como um fator dominante no controle é
- 15 que não é possível determinar este parâmetro ou propriedade em um modo eficaz e confiável diretamente na planta de digestor ou no moinho de polpa. Foi criada uma equação para calcular Y, com base em um grande número de cozimentos em laboratório, e tem a seguinte fórmula:

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

- 20 em que EA = a carga de álcali eficaz medida em percentagem, T = temperatura máxima em °C, t = o tempo em minutos para o qual a temperatura máxima é mantida, e H = o fator H, conforme dado por uma definição em outro lugar neste relatório descritivo. Pode ser entendido do acima que as constantes na equação foram determinadas empiricamente. O rendimento calculado deve ser acoplado a um ou mais dos parâmetros de cozimento, tal co-
- 25 mo a temperatura máxima T ou a carga de álcali eficaz EA, de modo a possibilitar o controle do cozimento.

Várias equações são dadas abaixo, as quais serão úteis quando o controle for efetuado.

- 30 As equações e a maneira em que as equações são usadas dependem se uma alteração na produção ocorre durante o cozimento, ou se é desejado manter certo conjunto de condições operacionais. As cargas de

álcali eficaz (EA) dadas nas equações podem ser suplementadas no uso prático pelo teor de álcali eficaz (EA) no licor de cozimento durante o cozimento.

- 5 No primeiro caso, as seguintes equações são válidas para o intervalo relevante de temperatura (provou ser necessário ajustar as fórmulas para dois intervalos de temperatura máxima, tal como 150-160°C, respectivamente 160-170°C):

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

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

A carga EA experimentada dos cavacos de madeira em um rendimento de Y é descrita por:

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

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

- 10 Em uma mudança das condições operacionais na carga EA corrente, o novo rendimento de cozimento será descrito por:

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

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

De modo a voltar para o rendimento de cozimento original, a carga de álcali eficaz = EA é alterada como especificada por:

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

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

- 15 As constantes de a1, a2, a3, b1, b2, b3, c1, c2, c3, d1, d2 e d3 são determinadas empiricamente.

No segundo caso, as seguintes equações são válidas para o intervalo relevante de temperatura.

Nesse caso, o valor alvo é inicialmente usado com respeito ao teor de carboidratos prontamente solúveis, R5, na polpa, e o rendimento neste valor alvo é determinado por:

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

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

e onde o valor EA é descrito 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 Quando o valor R5 medido mostra que o rendimento de cozimento foi alterado de Y1 para Y2, carga de álcali eficaz EA é compensada por cálculo por meio da equação imediatamente precedente conforme especificada por:

$$\Delta EA = \Delta EA_{y1} - EA_{y2}$$

- 10 As constantes a1, a2, a3, b1, b2, b3, c1, c2, c3, d1, d2 e d3 são determinadas empiricamente.

- Como esclarecido acima, o teor medido de carboidratos prontamente solúveis, por exemplo, o valor R5, tem acoplamento direto com o controle do cozimento. Também, o teor de lignina da polpa imediatamente depois do cozimento preferivelmente dado como valor de cappa é medido rotineiramente. Os valores numéricos medidos não contribuem diretamente para os algoritmos de controle, e o teor de lignina da polpa é, certamente, conscientemente deixado variar entre os diferentes cozimentos. O que é frequentemente feito do ponto de vista de controle é estudar esses valores e assegurar que o valor de cappa não seja deixado ficar fora de certos valores limitativos determinados. É também possível controlar o valor de cappa para um valor ótimo por meio do que é conhecido como método Cappa-Batch descrito na Patente SE 367 451 (6795/70).

Vantagens

Existem duas vantagens principais do método de controle de acordo com a invenção. Uma é que a polpa é adaptada para certo fabricante de papel. Se esse fabricante de papel confere maior prioridade para uma propriedade particular ou algumas propriedades particulares do papel, o produtor de polpa pode produzir, com ajuda da invenção, uma polpa com as propriedades corretas.

A segunda vantagem (e possivelmente a mais importante) é que para o fabricante é enviada, em um modo consistente, uma polpa de qualidade uniforme com respeito às várias propriedades da polpa e do papel, e isto é obtido independentemente do fato que a qualidade da madeira que o produtor de polpa usa varie e se vários problemas (tal como falha no equipamento de monitoramento e falha no equipamento chave) ocorram durante a produção da polpa. Ao se medir freqüentemente o nível de carboidratos prontamente solúveis no material digerido, isto é na polpa, conhecimento sobre a condição, isto é, propriedades, da polpa é obtido.

A invenção dá também ao produtor de polpa a oportunidade de otimizar condições importantes que são importantes para ele ou para ela. Há a possibilidade, por exemplo, de otimizar o rendimento de polpa quando se produz polpa com certas propriedades de papel. Um rendimento maior dá mais polpa, e já que o pagamento de polpa é dado por 1.000 kg de polpa, uma maior quantidade de polpa produzida significa que a renda será maior.

Descrição dos Desenhos

A figura 1 mostra um moinho de polpa em uma forma esquemática bastante simplificada, no qual o controle do processo de cozimento de acordo com a invenção será usado.

A figura 2 mostra em um diagrama de polaridade como diferentes propriedades de polpa e de papel variam para as três polpas, que foram produzidas de acordo com a técnica anterior.

A figura 3 mostra a relação entre rendimento de cozimento e a carga de álcali eficaz como percentagem para vários cozimentos de polpa de sulfato de bétula.

A figura 4 mostra a relação entre o valor R5 medido como per-

centagem e o rendimento do cozimento medido como percentagem nos ditos cozimentos de polpa de sulfato de bétula.

Melhor Modalidade

Uma modalidade preferida do método de acordo com a invenção
5 será agora descrita com referência à figura 1, e, finalmente, duas modalidades exemplificativas serão dadas.

A figura 1 mostra um digestor contínuo 1. O material de lignocelulose, normalmente madeira na forma de cavacos, é alimentado em certa velocidade no topo do digestor 1. Também, certa quantidade de licor de cozimento é alimentado, de modo que a razão de madeira/licor é obtida. Além
10 disso, a concentração do licor de cozimento é controlada de modo que a quantidade desejada de, por exemplo, álcali eficaz = EA, é obtida. Os cavacos de madeira são digeridos (cozidos) durante sua passagem, para baixo, através do digestor até onde o produtor de polpa desejar. A digestão dos
15 cavacos de madeira ocorre em pressão elevada e em temperatura elevada. Há, freqüentemente, um estágio de lavagem no fundo do digestor no qual os cavacos de madeira digeridos são liberados da parte principal do licor de cozimento usado, isto é o licor de cozimento gasto. Quando os cavacos de madeira digeridos são retirados do digestor, ocorre uma severa redução da
20 pressão para a pressão atmosférica, e isto significa que os cavacos de madeira, em sua forma amaciada e modificada, são divididos principalmente em fibras de polpa livres, isto é liberação das fibras é obtida e a polpa foi formada. Esta polpa é transferida através da linha 2 para a parte remanescente 3 do moinho de polpa. Posterior lavagem da polpa é efetuada nessa parte, e,
25 além disso, peneiramento da polpa em vários estágios. A polpa é subsequentemente branqueada e a etapa ou etapas de branqueamento, iniciais, são normalmente conhecidas como a etapa ou etapas de deslignificação, já que a polpa é liberada, nesta ou nestas etapas, da parte principal da quantidade de lignina que permanece na polpa depois da digestão. Depois disso,
30 seguem-se outras etapas de branqueamento onde a luminosidade da polpa é aumentada para um grau alto, e a polpa, é, assim, liberada de grupos cromóforos. Subseqüentes etapas de limpeza podem vir depois disso, antes da

polpa ser transferida através da linha 4 ou para uma máquina receptora de polpa para conversão da polpa em polpa para venda, ou para um máquina de papel 5.

5 Essencial para a invenção é a determinação do nível de carboi-
dratos prontamente solúveis na polpa que foi produzida pela digestão. O va-
lor R5 medido em percentual pode ser escolhido como uma medida do teor
de carboidratos prontamente solúveis, conforme descrição acima. É preferi-
do que o valor R5 seja determinado por meio de espectroscopia NIR (de a-
10 cordo com a descrição acima) da polpa em alguma posição ao longo da li-
nha 2, na posição 6, por exemplo. Isso pode ser efetuado na prática por uma
amostra lavada, definida, da polpa que está sendo medida com ondas ele-
tromagnéticas dentro da região NIR. É possível, em certos digestores, remo-
ver amostras dos cavacos de madeira digeridos que estão presentes no fun-
do do digestor. Já que esta amostra é removida do digestor, um processo de
15 liberação de fibras é obtido de modo que a polpa é formada, um processo
que é similar ao processo da liberação das fibras descrito acima. O sinal ou
valor medido é transferido via a linha 7 para uma unidade de controle 8.

20 O teor de lignina na madeira digerida, isto é na polpa, é medido
do mesmo modo na posição 9 e o sinal ou valor medido é transferido via a
linha 10 para a unidade de controle 8. Como especificado anteriormente,
equipamento comercial existente, que pode ser usado, está disponível. Tal
medição é efetuada rotineiramente em muitas plantas de digestor.

25 É normalmente durante o processo de controle de cozimento, de
acordo com a presente invenção, que o teor de lignina dos cavacos de ma-
deira digeridos, isto é da polpa, é deixado variar com o tempo e, se digestão
em batelada é considerada (que não foi ilustrada aqui), de um cozimento
para o próximo. É principalmente o branqueamento de deslignificação que
deve ser adaptado ao fato que o teor de lignina, na forma de valor de cappa,
da polpa de entrada varie de um tempo para outro durante a digestão contí-
30 nua, e de um cozimento para outro quando cozimento por batelada é usado.
Vários sistemas de controle são também disponíveis para isso, e as varia-
ções no teor de lignina da polpa são rotineiramente administradas pelo bran-

queador. Isso significa que a polpa que deixa o processo de produto, tem, por exemplo, valor predeterminado de luminosidade.

De modo a checar se a polpa em várias posições, e, principalmente, a polpa produzida final, tem as propriedades que são esperadas não somente pelo produtor de polpa, mas também pelo fabricante de papel, a 5 informação sobre essas propriedades deve ser colhida de várias posições. A luminosidade da polpa, por exemplo, pode ser determinada em uma ou várias posições no moinho de polpa 3 e a informação é transmitida via a linha 11 para a unidade de controle 8. Amostras podem ser tiradas da polpa final na linha 4 e várias propriedades, inclusive propriedades de papel, podem ser 10 determinadas e a informação transmitida via a linha 12 para a unidade de controle 8. Além disso, as amostras podem ser tiradas de polpa conformada em papel na posição 5, se é polpa usada para papel que é produzida, para várias análises, e informação sobre estas é transmitida via a linha 13 para a 15 unidade de controle 8. Se a polpa é transportada na forma de lama para uma máquina de papel 5, o papel final pode ser analisado e informação sobre isto é transmitida via a linha 13 para a unidade de controle 8. Foi especificado aqui que amostras da polpa, e possivelmente também do papel, são colhidas e várias análises efetuadas. É, naturalmente, possível também efetuar as 20 medições diretamente na polpa, conforme ela sai, por meios que são conhecidos como métodos de teste não destrutivos, por exemplo, aqueles do tipo mencionado acima.

Durante a produção contínua de polpa de celulose, e neste caso com respeito à digestão ou ao cozimento, ambos o perfil em rampa e o tempo (t) na temperatura máxima (T) são freqüentemente predeterminados, já 25 que certa quantidade de cavacos de madeira é alimentada em certa velocidade no topo do digestor 1. Além disso, o volume do digestor 1 é predeterminado, e isso significa que também o tempo no qual os cavacos de madeira são mantidos na temperatura máxima é predeterminado. Os parâmetros de 30 cozimento que estão então disponíveis para variar, isto é, que podem ser usados para controle, são a temperatura máxima (T) e a carga de álcali eficaz (EA). É apropriado que um computador e um software sejam incluídos

na unidade de controle 8, e que este software seja baseado principalmente nas equações que são reproduzidas em outro lugar neste relatório descritivo. Com base nos valores de análises medidos, e, assim, principalmente no teor de carboidratos prontamente solúveis nos cavacos de madeira mais recentemente digeridos, isto é, na polpa recentemente formada, o software proporciona informação não somente referente a se é necessário efetuar uma alteração, mas também em que deve consistir a alteração. Frequentemente, a alteração consiste em uma alteração na carga de álcali eficaz (EA), ou no teor de álcali eficaz (EA) durante o procedimento de cozimento, ou ambos.

Caso se deseje alterar a produção de polpa em certo tempo, por exemplo, para aumentar a produção, o tempo que leva para que os cavacos de madeira passem através do digestor é alterado, isto é o tempo será mais curto. Isso significa que o tempo na temperatura máxima será mais curto do que foi anteriormente. Para que o digestor tenha tempo suficiente para a digestão e deslignificação desejadas, é geralmente necessário aumentar a temperatura máxima, e um outro meio está disponível que pode ser usado, isto é, para aumentar a carga de álcali eficaz (EA). Detalhes de como isso é para ser efetuado se tornam claros pelas relações e equações que são fornecidas em outro local neste relatório descritivo.

O método de controle de acordo com a invenção descrita acima é para ser aplicado, tal como ficou claro, ao cozimento contínuo. Não será um problema para aquele versado na técnica transferir as instruções para cozimento no modo em batelada.

Exemplo 1

Três experimentos foram efetuados em um laboratório com a digestão (cozimento) de acordo com o método de sulfato. Os experimentos envolveram o controle da digestão de acordo com a tecnologia anterior, isto é tal que um valor de cappa foi obtido para as polpas apesar da variação em certos parâmetros de cozimento.

Toras de bétula foram retiradas de um pátio de tábuas em um moinho de polpa e transportadas para o laboratório. As toras foram descascadas manualmente e cortadas em cavacos, em um moinho de cavacos ali-

mentados em calha. Os cavacos obtidos foram caracterizados com respeito à geometria, densidade e composição química. Os métodos de análise usados são dados na Tabela 1 e os resultados de análise na Tabela 2.

Tabela 1

Teor de matéria seca	=	SCAN-CM 39:94
Densidade Básica	=	SCAN-CM 43:95
Densidade Volúmica	=	SCAN-CM 46:92
Carboidratos	=	Método interno, KA 10.202
Matéria solúvel em acetona	=	SCAN-CM 49:93
Teor de Metais	=	SCAN-CM 38:96
Lignina	=	CCA5, um pouco modificado
Comprimento de fibra		KCL 225:89

5 Tabela 2

Xilose, g/kg	=	169
Manose, g/kg	=	11,3
Galactose, g/kg	=	10,1
Arabinose, g/kg	=	3,1
Glicose, g/kg	=	313
Comprimento de fibra, mm	=	1,04
Teor de matéria seca, %	=	64,1
Densidade volúmica, kg/m ³	=	170
Densidade básica, kg/m ³ fixo sem casca	=	500
Teor de lignina, %	=	20,6
Matéria solúvel em acetona, %	=	1,62
Ferro, mg/kg	=	49,7
Cálcio, mg/kg	=	639
Cobre, mg/kg	=	1,6
Magnésio, mg/kg	=	177
Manganês, mg/kg	=	110

O material de madeira, na forma dos cavacos descrita acima, foi cozido em um digestor com circulação, de laboratório, convencional. Cada cozimento consistiu em uma batelada de 2 kg de cavacos. Além disso, o licor branco industrial e água deionizada foram adicionados para dar a razão desejada de licor/madeira de modo a obter o licor de cozimento. Os diferentes cozimentos então seguiram o perfil em rampa ou perfil de temperatura conforme dado abaixo:

20°C a 120°C em 5 minutos

120°C a 145°C em 120 minutos

145°C a 151°C em 60 minutos.

Mantida em 151°C por um tempo que correspondente a um dado fator H.

$$\text{O seguinte fator H foi usado} = \int_0^t e^{\left(\frac{38.2-14250}{273+T}\right)}$$

Outras condições para cada experimento (cada cozimento) são dadas abaixo.

5 Cozimento 1

Carga de álcali = 25% de álcali eficaz (EA), isto é NaOH + ½ Na₂S, calculado com base na madeira.

Razão de licor/madeira = 3,5 L/kg

Fator H = 270

10 Cozimento 2

Carga de álcali = 20% de EA

Razão de licor/madeira = 3,5 L/kg

Fator H = 350

Cozimento 3

15 Carga de álcali = 17% de EA

Razão de licor/madeira = 3,5 L/kg

Fator H = 500.

Amostras do licor de cozimento foram tiradas no final da digestão (o cozimento) de modo a checar o teor de álcali residual.

20 Depois de lavagem da polpa com água deionizada no digestor, a polpa foi peneirada. A polpa peneirada foi analisada usando os métodos de análise que estão especificados na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3

Valor de cappa	=	SCAN-C 1:00
Viscosidade	=	SCAN-CM 15:88
Luminosidade	=	SCAN-P 3:93
Rendimento total	=	Padrão interno
Nível de rejeitos	=	Padrão interno
Álcali residual	=	SCAN-N 33:94
Carboidratos	=	KA 10.202
Revoluções no refinamento	=	EN 25264-2:1994
Grau de refinamento	=	ISSO 5267-1:1999
Peso de superfície	=	ISO 536:1995

Módulo de Young, tração, resistência, e rigidez na tração	=	SCAN-P 67:93
Resistência ao rasgo	=	EM 21974:1994
Resistência ao arrebetamento	=	SCAN-P 24:99
Resistência Z	=	ISO 8791-4

Os resultados das análises, para cada polpa, são dados na Tabela 4 abaixo.

Tabela 4

Propriedade	Cozimento		
	1	2	3
Valor de cappa	16,0	16,2	16,3
Viscosidade, mL/g	1193	1264	1386
Luminosidade, % ISO	44,0	41,3	38,1
Álcali residual, g/L	17,9	8,0	2,3
Rendimento, %	50,5	52,3	54,2
Rendimento isento de lignina, rendimento – 0,15·Cappa	48,1	49,8	51,6
Rejeitos, %	0,02	0,03	0,04
Hemicelulose	26,4	28,2	28,6
Índice de tração, Nm/g, valor médio nas revoluções de refinamento de 1000, 2000, 3000	83,8	97,5	105,8
Índice de rigidez na tração, MNm/kg, valor médio em revoluções de refinamento de 1000, 2000, 3000	9,7	10,3	11,0
Grau de refinamento, °SR, valor médio nas revoluções de refinamento de 1000, 2000, 3000	20,7	22,3	24,0
Índice de rasgo, nNm ² /kg, valor médio em índice de tração de 70, 80, 90	7,8	7,2	7,0
Índice de arrebetamento, kPa m ² /g, valor médio em revoluções de refinamento de 1000, 2000, 3000	4,8	5,4	6,2
Resistência Z, kPa, valor médio em revoluções de refinamento de 1000, 2000, 3000	651	731	758

- Alguns desses valores de propriedades, medidos, das três polpas foram colocados no diagrama padrão que é reproduzido como figura 2. O diagrama demonstra nove eixos, onde cada eixo mostra os valores de propriedades conforme especificados abaixo:

14	=	Valor de cappa, 12-20
15	=	Rendimento de cozimento, 50-55
16	=	Índice de tração, 80-110
17	=	Índice de rigidez na tração, 9-11
18	=	Refinamento, 20-25
19	=	Índice de rasgo, 6-8
20	=	Índice de arrebetamento, 4-7
21	=	Resistência Z, 600-800
22	=	Luminosidade, 35-45

Com respeito aos valores numéricos que são especificados depois de cada propriedade, o valor inferior corresponde ao centro do diagrama (a origem), isto é onde o eixo começa, enquanto o valor superior corresponde à extremidade do eixo. O eixo 15 pode ser estudado como um exemplo, em que o rendimento de cozimento é dado como percentagem. Um rendimento de 50% é válido para a origem, enquanto a terminação, ou extremidade, do eixo corresponde ao rendimento de 55%.

Aos vários cozimentos foram dados os seguintes símbolos:

- ◇ - = Cozimento 1
- ■ - = Cozimento 2
- ▲ - = Cozimento 3

Os parâmetros que diferenciam os vários cozimentos com respeito aos parâmetros de cozimento são os níveis de produtos químicos de cozimento, isto é a carga de álcali na forma de álcali eficaz, e tempo na temperatura máxima, aqui regulado por e reproduzido como, fator H. Ficará claro para aquele versado na técnica que se o nível de produtos químicos do cozimento é reduzido, o tempo para o cozimento deve ser aumentado, e nesse caso, normalmente o tempo na temperatura máxima, de modo a se obter a mesma designificação da madeira, e de modo a se atingir um dado valor de cappa constante.

Como o diagrama polar mostra claramente (vide eixo 14), todos os três cozimentos resultaram em uma polpa com o mesmo valor de cappa. Essa é a única propriedade que demonstra igualdade. As diferenças entre as diferentes polpas com respeito a todas as outras propriedades são surpreendentes. O diagrama mostra de um modo ilustrativo que não é possível produzir e distribuir uma polpa com propriedades que são dadas uma alta prioridade pelo fabricante de papel, isto é propriedades de um valor determinado durante a produção de polpa de sulfato de madeira de bétula, quando o controle do cozimento é baseado em obter consistentemente certo valor de cappa, e pior de tudo é que não é possível garantir uma polpa com propriedades dadas prioridade de uma distribuição para a outra. Esse é o caso para todos os fabricantes de papel, independentemente de se o fabri-

cante recebe a polpa em uma forma seca (e conformada em folhas ou em flocos), ou em uma forma não seca, como uma lama, de um moinho de polpa que está disposto próximo.

Exemplo 2

- 5 Um número bem alto de experimentos foi efetuado em laboratório envolvendo digestão (cozimento) de madeira de bétula de acordo com o método de sulfato. O objetivo dos experimentos não era somente desenvolver um modelo de controle de acordo com a invenção para a digestão de material de lignocelulose de fibras curtas, com base na medição do teor de
- 10 carboidratos prontamente solúveis na polpa que é produzida, mas também ver se o modelo de controle deu o resultado pretendido;

- Toras de bétula foram extraídas de um pátio de tábuas em um moinho de polpa e transportadas para o laboratório. As toras foram descascadas manualmente e picadas em cavacos em um moinho de cavacos alimentados em calha. Os cavacos obtidos foram caracterizados com respeito
- 15 à geometria, densidade e composição química. Os métodos de análise usados estão claros na Tabela 1 do Exemplo 1. Os resultados das análises são mostrados na Tabela 5 abaixo.

Tabela 5

Glicose, g/kg	=	320
Xilose, g/kg	=	173
Manose, g/kg	=	12,0
Galactose, g/kg	=	11,1
Arabinose, g/kg	=	2,8
Teor de matéria seca, %	=	63,1
Densidade volúmica, kg/m ³	=	172
Densidade básica, kg/m ³ fixa sem casca	=	498

- 20 O material de madeira na forma dos cavacos descritos foi cozido em um digestor, com circulação, de laboratório, convencional. Cada cozimento consistiu em uma batelada de 2 kg de cavacos. Além disso, o licor branco industrial e a água deionizada foram adicionados para dar a razão desejada de licor/madeira de modo a obter o licor de cozimento. Os diferen-
- 25 tes cozimentos então seguiram o perfil em rampa ou perfil de temperatura dado abaixo:

20°C para 80°C em 5 minutos

80°C para a temperatura máxima em 60 minutos

As temperaturas máximas usadas são dadas na Tabela 6.

O seguinte fator H foi usado = $\int_0^t e^{\left(\frac{38.2-14250}{273+T}\right)}$

Outras condições para cada cozimento são dadas na Tabela 6.

- 5 A polpa foi lavada depois do cozimento com água deionizada no digestor. A polpa foi então peneirada de modo a ser finalmente analisada usando vários dos métodos de análises que estão especificados na Tabela 3 no Exemplo 1.

- 10 Outras condições prometidas e dados brutos de 25 cozimentos são fornecidos na Tabela 6 abaixo com respeito a propriedades diferentes da polpa.

Tabela 6

Cozi- mento	Carga de álcali %	Temp. máx. a °C	Tempo na temp. máx. H	Fator H	Rendimento total %	Rendimento isento de lignina* %	Rejeitos %	Valor de cappa	Visc. mL/g	Luminosidade % ISSO	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

* Rendimento isento de lignina = Rendimento total (1-0,15 Cappa/100)

Estudo da informação dada na tabela torna claro que os níveis selecionados de carga de álcali eficaz (dados como carga de álcali na tabela e nas figuras 3 e 4), a temperatura máxima e tempo na temperatura máxima produziram diferenças nas propriedades da polpa. O rendimento de cozimento, por exemplo, variou entre 46 e 55%, isto é uma diferença de 9 pontos percentuais. O rendimento de cozimento diminui com a carga aumentada de álcali eficaz, temperatura aumentada e tempo aumentado. Há uma redução acentuada no rendimento quando a temperatura é elevada de 160 a 170°C. A diferença no rendimento entre as polpas cozidas a 150°C e 160°C não é tão grande. É provável que a celulose na polpa seja degradada para um grau maior em temperaturas de cozimento altas.

As figuras 3 e 4 tornam claro que se a correção para diferentes condições operacionais – neste caso a temperatura máxima - é calculada, o rendimento pode ser indiretamente medido por meio de análise do teor de carboidratos prontamente solúveis, por exemplo R5, na polpa.

Essa relação e esse discernimento formam a base da estratégia de controle revelada para, por exemplo, a produção de polpa de sulfato de acordo com a invenção.

Um modelo para a resposta relevante, ou sensibilidade - rendimento, valor de cappa, viscosidade R5 – foi desenvolvido usando cálculos de PLS ("Quadrado Mínimo de Partícula") sobre os resultados dos 25 cozimentos. Os modelos obtidos são modelos lineares e eles podem ser exemplificados pela equação para calcular o rendimento, dada na página 7 deste documento.

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

A Tabela 7 abaixo mostra modelos de controle que são baseados no tratamento de PLS dos cozimentos laboratoriais efetuados.

Tabela 7

Variáveis de controle		Constantes			
		Rend. % 76,25	Visc. mL/g 2509,001	Valor de Cappa 27,46	R5 % 62,661
Carga de EA, %	21	-0,556	-30,72	-0,395	0,5791
Temp. máx., °C	160	-0,064	-4,689	-0,023	0,0261
Tempo em temp. máx., min	120	-0,0002	0,789	0,003	-0,007
Fator H	429	51,6	1161	15,61	77,9

As propriedades físicas, tais como índice de tração, índice de rasgo, refinamento, etc., das polpas em diferentes rendimentos foram aproximadas usando regressão linear para as propriedades físicas obtidas em diferentes rendimentos nos experimentos que são apresentados no Exemplo 1.

Finalmente, três outros experimentos foram efetuados na forma dos cozimentos 29, 30 e 31.

Os cavacos de madeira usados nesses experimentos foram os mesmos que aqueles usados no Exemplo 1, e, além disso, o mesmo perfil em rampa ou perfil de temperatura foram usados conforme aqueles usados naquele exemplo.

Os cozimentos foram efetuados no digestor de laboratório de acordo com o método de batelada, mas cozimento contínuo em larga escala foi simulado da seguinte maneira. Em uma primeira condição operacional, os parâmetros de cozimento foram como a seguir: carga de álcali eficaz = 21%, temperatura máxima = 160°C, tempo na temperatura máxima = 120 minutos, e fator H = 429. Na segunda condição operacional 30, se simula que a produção da polpa é aumentada até certo nível mais alto. Isso significa que os cavacos de madeira fluem para baixo através do digestor em uma velocidade mais alta que anteriormente, que faz com que o tempo na temperatura máxima seja também reduzido, neste caso para 100 minutos. Aquele versado na técnica saberá que neste caso a temperatura máxima deve ser elevada de modo a obter aproximadamente o mesmo grau de digestão dos cavacos de madeira tratados que deixam o digestor como previamente. A temperatura máxima foi elevada, nesse caso, para 165°C, que significou que o fator H foi elevado para 532. A carga de álcali eficaz era o mesmo que anteri-

ormente, isto é 21%. Na terceira condição operacional, é feita uma tentativa para retornar para as mesmas propriedades de polpa e de papel conforme aquelas demonstradas pela polpa de acordo com a condição original, isto é cozimento 29. É nessa condição que o método de controle de acordo com a invenção será usado. O tempo na temperatura máxima é predeterminado e não pode ser alterado, e é, como foi no cozimento 30, de cem (100) minutos. Usando-se o valor R5 medido e baseado neste rendimento de cozimento calculado, a relação de controle descrita previamente (vide as equações para faixas mais altas de temperaturas, isto é 160-170°C) mostrou que a temperatura máxima = 165°C e o fator H de 532 podiam ser retidos da condição operacional 2, isto é, cozimento 30, e que a carga de álcali eficaz deve ser reduzida para 19%.

As propriedades medidas de polpa e de papel são dadas na Tabela 8.

15 Tabela 8

	Cozimento		
	29	30	31
Rendimento, %	51,6	50,6	51,8
Valor de cappa	15,6	15,3	16,1
Viscosidade, mL/g	1161	1110	1172
Luminosidade, % ISO	42,4	44,0	42,0
R5, %	77,9	78,1	77,0
Índice de tração, Nm/g	92,2	83,8	93,7
Índice de rigidez na tração, MNm/kg	10,1	9,7	10,1
Grau de refinamento, °SR	21,7	20,9	21,9
Índice de rasgo, mNm ² /g	7,4	7,8	7,4
Índice de arrebentamento, kPa m ² /g	5,2	4,8	5,2
Resistência Z, kPa	700	651	709

Se as propriedades das polpas que foram produzidas nos cozimentos 29, 30 e 31 são estudadas, pode ser visto que todas essas propriedades são quase idênticas para os cozimentos 29 e 31, ao passo que estas propriedades para o cozimento 30 são acentuadamente diferentes. Isso mostra que é possível com o método de controle de acordo com a presente invenção retornar de uma maneira bem sucedida a produzir uma polpa com as propriedades desejadas de polpa e de papel depois das alterações nas condições operacionais e também depois de interrupções não planejadas da

operação. Isso pode ser comparado com as polpas que durante a produção com respeito à digestão foram controladas de acordo com a técnica anterior e cuja polpa e propriedades de papel são representadas no diagrama polar da figura 2. No diagrama está claro, por exemplo, que as propriedades do

5 papel dessas polpas variam de um modo bastante descontrolado.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para produção de polpa química por digestão (cozimento) de material de lignocelulose de fibras curtas com o uso de certo perfil em rampa, certa temperatura máxima, certo tempo nesta temperatura máxima, e certo teor de reagentes de cozimento, pelo que a polpa em associação com a extremidade da digestão é analisada com respeito a pelo menos duas propriedades das fibras da polpa, uma das quais é constituída pelo teor de lignina destas,

caracterizado pelo fato de que o teor de carboidratos prontamente solúveis nas fibras é também determinado, cujo teor tem influência sobre várias propriedades da polpa e do papel fabricado da polpa, e em que o controle dos parâmetros de cozimento especificados acima é baseado em primeiro lugar no teor de carboidratos prontamente solúveis e em segundo lugar no teor de lignina, e neste caso, preferivelmente, de um modo que é aproximado enquanto, contudo, ambos os teores são sempre levados em consideração.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a digestão ocorre em condições alcalinas.

3. Método, de acordo com as reivindicações 1 e 2, caracterizado pelo fato de que a digestão ocorre de acordo com o método de sulfato, isto é de modo que polpa de sulfato é produzida.

4. Método, de acordo com as reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o teor de carboidratos nas fibras é determinado através das fibras de polpas que estão sendo colocadas em uma solução de hidróxido de sódio com uma concentração de 1 – 10%, preferivelmente 5%.

5. Método, de acordo com as reivindicações 1-3, caracterizado pelo fato de que o teor de carboidratos prontamente solúveis nas fibras é determinado em um modo indireto por meio de espectroscopia NIR (Infravermelho Próximo).

6. Método, de acordo com as reivindicações 1-3, caracterizado pelo fato de que o teor de lignina nas fibras é determinado como um valor de cappa em um modo indireto por meio de espectroscopia NIR (Infravermelho

NIR).

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o rendimento de cozimento (Y), que está relacionado com a quantidade medida de carboidratos prontamente solúveis, é selecionado como dominante no controle do cozimento juntamente com os parâmetros de cozimento: temperatura máxima (T) em °C, tempo (t) em minutos na temperatura máxima, fator H, e produtos químicos de cozimento carregados na forma de álcali eficaz (EA) em percentagem em peso (%), e o teor de álcali eficaz (EA) durante a digestão.

8. Método, de acordo com as reivindicações 1 e 7, caracterizado pelo fato de que o controle do cozimento é baseado em uma manutenção do rendimento de cozimento Y calculado e ocorre de acordo com a seguinte descrição no caso de uma mudança na produção, o rendimento de cozimento para a condições operacionais correntes é determinado a partir do teor de carboidratos prontamente solúveis na polpa na forma de análise de R5 de acordo com (para o intervalo relevante de temperatura):

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

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

e onde a carga de EA do experimento dos cavacos de madeira em um rendimento de Y é descrito por:

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

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

e o novo rendimento de cozimento no caso de uma mudança na condição operacional na carga EA relevante é descrito por:

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

$$Y_{T2 \leq T \leq T3} = c2 \cdot EA + d2 - \frac{T - T1}{T2 - T1} \cdot (c2 \cdot EA + d2 - (c3 \cdot EA + d3))$$

e de modo a retornar para o rendimento de cozimento original, a carga de álcali eficaz EA é alterada de acordo com:

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

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

e onde as constantes a1, a2, a3, b1, b2, b3, c1, c2, c3, d1, d2, e d3 são determinadas empiricamente.

- 5 9. Método, de acordo com a reivindicações 1 e 7, caracterizado pelo fato de que o controle do cozimento é baseado em manter constante o rendimento de cozimento Y calculado e quando uma condição operacional particular é para ser mantida ocorre o seguinte, um valor alvo é inicialmente usado com respeito ao teor dos carboidratos prontamente solúveis R5, e o
- 10 rendimento de cozimento neste valor alvo é determinado por (para o intervalo de temperatura relevante):

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

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

e quando a carga EA é descrita por:

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

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

- e quando o valor R5 medido mostra que o rendimento de cozimento foi alterado de Y1 para Y2 então a carga de álcali eficaz EA é compensada pelo
- 15 cálculo por meio da equação imediatamente precedente de acordo com

$$\Delta EA = \Delta EA_{y1} - \Delta EA_{y2}$$

e onde as constantes a1, a2, a3, b1, b2, b3, c1, c2, c3, d1, d2, e d3 são determinadas empiricamente.

RESUMO

Patente de Invenção: "MÉTODO PARA CONTROLAR UM PROCESSO PARA A PRODUÇÃO DE POLPA DE CELULOSE DE FIBRAS CURTAS".

Exigências especiais são estabelecidas nas propriedades de polpa de celulose de fibras curtas quando este tipo de polpa é usado na fabricação de papel, e um fabricante de papel deseja primariamente uma polpa com propriedades previsíveis e constantes. A presente invenção possibilita a produção de tal polpa e consiste em um método para a produção de polpa química pela digestão de material de lignocelulose de fibras curtas com o uso de certo perfil em rampa, certa temperatura máxima, certo tempo nesta temperatura máxima, e certo teor de reagentes de cozimento, pelo que a polpa em associação com a extremidade da digestão com respeito a pelo menos duas propriedades de fibras de polpa, uma das quais é constituída pelo teor de lignina destes, e em que é determinado o teor de carboidratos prontamente solúveis nas fibras de polpa, cujo teor tem influência sobre várias propriedades da polpa e de papel fabricado da polpa e aquele controle dos parâmetros de cozimento especificados é baseado, em primeiro lugar, no teor de carboidratos prontamente solúveis e em segundo lugar, no teor de lignina e, neste caso, preferivelmente, de um modo que aproximado, embora, contudo, ambos sejam sempre levados em consideração.