República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 1015138-9 B1

(22) Data do Depósito: 01/04/2010

(45) Data de Concessão: 24/08/2021

(54) Título: MÉTODO CONTÍNUO PARA CARBONIZAÇÃO HIDROTÉRMICA DE BIOMASSA

(51) Int.Cl.: C10L 5/44; C10L 9/08; C10B 53/02.

(30) Prioridade Unionista: 01/04/2009 DE 10 2009 015 257.1; 23/12/2009 DE 10 2009 060 542.8.

(73) Titular(es): SUNCOAL INDUSTRIES GMBH.

(72) Inventor(es): TOBIAS WITTMANN; BODO M. WOLF; CHRISTIAN VON OLSHAUSEN.

(86) Pedido PCT: PCT EP2010002104 de 01/04/2010

(87) Publicação PCT: WO 2010/112230 de 07/10/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 03/10/2011

(57) Resumo: MÉTODO PARA A CARBONIZAÇÃO HIDROTERMAL DE MATÉRIAS-PRIMAS RENOVÁVEIS E DE PRODUTOS RESIDUAIS ORGÂNICOS. A presente invenção refere-se a um método continuo para a carbonização hidrotermal de matérias-primas renováveis e de produtos residuais orgânicos sendo que em um primeiro estágio de processo, um aumento de pressão ocorre basicamente no nível de pressão da carbonização. No segundo estágio de processo, o da carbonização, que é realizado sob uma pressão de pelo menos 500 KPa (5 bar) e temperatura máxima de ebulição de água, o produto carbonizado obtido é depositado pelo menos parcialmente como sedimento e o nível de enchimento da água no segundo estágio de processo, é ajustado pela remoção de água e a temperatura do sedimento transportado para fora do segundo estágio de processo é reduzida pela evaporação de água e o sedimento conduzido ao terceiro estágio de processo, o de uma secagem aquecida com vapor, no qual a secagem é feita em atmosfera de vapor e em seguida transportada para fora do processo.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO CONTÍNUO PARA CARBONIZAÇÃO HIDROTÉRMICA DE BIOMASSA".**

[0001] A presente invenção se refere a um método para carbonização hidrotérmica de matérias-primas renováveis e de produtos residuais orgânicos.

[0002] Matérias-primas renováveis e produtos residuais orgânicos, que podem ser utilizados no método de acordo com invenção, são a seguir designados pelos termos matéria-prima ou biomassa. Entende-se por matéria-prima ou biomassa no presente contexto biomassa vegetal e animal assim como produtos metabólicos, especialmente matérias-primas renováveis tais como lascas de madeira picada, resíduos verdes derivados da preservação da paisagem natural, plantas, palha, silagem e produtos residuais orgânicos derivados da agricultura e silvicultura, assim como da indústria de gêneros alimentícios e gestão de resíduos, assim como turfa, lignite bruta, lamas de papel e de depuração, borras e semelhantes, que serão a seguir designados como matérias-primas .

[0003] As matérias-primas são transformadas através da carbonização hidrotérmica basicamente em húmus, carvão, fertilizantes, água e CO_2.

[0004] Com relação ao método de acordo com a invenção o termo "matéria-prima" se refere basicamente ao estado típico, por exemplo, ao grau respectivo de conversão, do matéria-prima no respectivo estágio de processo ou etapa de processo.

[0005] O campo de aplicação da invenção é o aproveitamento energético de matérias-primas renováveis, a exploração de produtos residuais derivados da produção voltada à agricultura, silvicultura e sistema alimentar e de materiais recicláveis orgânicos provenientes de tratamento de resíduos e a fabricação de melhoradores de solo.

[0006] No estado da técnica, a biomassa do processo circular de carbono cíclico natural apodrece ou está em compostagem, agredindo o meio ambiente e, portanto, sendo impedida em grande parte de um aproveitamento material e energético de alta qualidade. Processos industriais para a transformação dos matérias-primas em húmus e carvão através da carbonização hidrotérmica na produção em massa não são o estado da técnica, embora os princípios econômicos para a transformação desses matérias-primas em carvão tenham sido divulgados em 1913 por Bergius.

[0007] Existem princípios econômicos para a transformação dos matérias-primas, tais como madeira, palha, relva, resíduos verdes, madeira de tratamento de paisagem natural, vinhaça, resíduos de fermentação, silagem de milho, silagem de plantas inteiras e resíduos orgânicos, mas também turfa e linhita bruta através da desidratação (dissociação de água) sob temperaturas entre 180^0C e 300^cC na presença de água no estado líquido em matérias sólidas ricas em carvão e pobres em oxigênio. Em seguida, durante a reação, a pressão deve corresponder a pelo menos à pressão de vapor saturado da mistura de reação na temperatura de reação escolhida ou deve situar-se acima dela. Dependendo dos matérias-primas empregados é necessário atingir uma temperatura mínima para dar andamento à reação. Esta é de aproximadamente 180°C para matérias-primas ricos em açúcar e situa-se em até 220^0C para matérias-primas ricos em celulose e lignina. A desidratação é uma reação temporal, que ocorre primeiramente muito rapidamente e depois cada vez mais lentamente até ter atingido um estado de equilíbrio. Em geral, conforme as propriedades do produto desejadas, são necessários tempos de permanência entre 30 minutos e acima de 12 horas.

[0008] Paralelamente à reação de desidratação ocorre uma descarboxilação, que produz uma dissociação de predominantemente

CO_2. Isso acarreta a formação de gases (permanentes) durante a reação. No caso de temperaturas baixas, a desidratação domina, no caso de temperaturas elevadas a descarboxilação domina. Quanto mais elevada for a temperatura selecionada, mais carbono será dissociado na forma de CO_2 e se perderá na forma de gás. Ao mesmo tempo, o rendimento da matéria sólida cairá. Através de um aumento da temperatura, porém, o tempo de permanência poderá ser diminuído, já que tanto a desidratação como também a descarboxilação transcorrerão mais rapidamente. Além disso, através de um aumento da temperatura a qualidade do produto atingível no tempo máximo de permanência poderá ser melhorada (maior porcentagem em massa em carbono e/ou menor porcentagem em massa de oxigênio). Enquanto com temperaturas de, por exemplo, aproximadamente 200^0C, pode-se obter uma porcentagem de carbono máxima de aproximadamente 70%, para temperaturas de por exemplo 300^0C pode-se obter uma porcentagem de carbono máxima de aproximadamente 80%.

[0009] Além da desidratação e da descarboxilação ocorre ainda uma série de reações secundárias, que fazem com que se formem entre outras coisas hidrocarbonetos hidrossolúveis. Alguns desses hidrocarbonetos hidrossolúveis formam em seguida novamente um material sólido rico em carbono, eles também são produtos intermediários da reação de desidratação. Uma porcentagem dos hidrocarbonetos hidrossolúveis é ácidos orgânicos, cuja formação produz uma diminuição do vaor de pH. Se a carbonização hidrotérmica for realizada sob baixas temperaturas, a porcentagem predominante da fase líquida poderá ser muito facilmente decomposta. Se a carbonização hidrotérmica for realizada a temperaturas elevadas, então a porcentagem de hidrocarbonetos pouco biodegradáveis aumentará na fase líquida, o que poderá acarretar custos de

disposição final elevados.

[00010] A desidratação e descarboxilação poderão respectivamente ser favorecidas mediante adição de catalisadores adequados. Portanto, já com temperatura menor e período de reação reduzido o grau de conversão desejado poderá ser obtido. Exemplos de catalisadores ativos são, entre outras coisas, ácidos orgânicos como, por exemplo, ácido cítrico. Além disso, alguns metais, seus sais e óxidos são cataliticamente ativos na reação de carbonização hidrotérmica. Uma parte das substâncias cataliticamente ativas já está presente em diferentes matérias-primas e são incorporadas portanto no processo. Outros podem ser adicionados para a otimização da reação ou aos matérias-primas antes da introdução no reator ou são colocados no reator durante a operação corrente. Em alguns casos, o catalisador não pode ser recuperado após conversão (por exemplo ácido cítrico) ou é decomposto durante a reação (por exemplo, ácido fórmico). Por isso, o termo "catalisador" não pode ser aplicado no sentido estrito da palavra. Essas substâncias auxiliares aceleram a reação e reduzem a temperatura de partida necessária, inicialmente citada, contudo são aplicáveis propriedades fundamentais de um catalisador.

[00011] Uma seleção de catalisadores são:

1) ácidos de Bronsted inorgânicos: HNO_3, HCl

2) Ácidos de Bronsted orgânicos: ácido fórmico, ácido acético, ácido cítrico, NH4Cl 3) ácidos de Lewis tais como por exemplo haletos metálicos: $FeCl_3$, $FeBr_3$, $AlCl_3$, $AlBr_3$

4) em geral, haletos metálicos e óxidos metálicos: NaCl, FeO, Fe_2O_3, $LiCl_1$ $[Fe(NH_4)_2(SO_4)_2]$*6 H_2O

5) zeólita ácida, por exemplo, H-ZSM-5

[00012] Embora a reação de carbonização também ocorra sem catalisador, a seleção objetiva de um sistema de catalisador adequado

para um controle de processo ideal é vantajosa para ajustar uma combinação conveniente a partir da temperatura de reação e do tempo de permanência em conexão com um rendimento elevado, um balanço de carbono otimizado assim como boas propriedades de produto. Além disso, a adaptação do catalisador pode interferir na qualidade do produto secundário água de processo, sendo que o objetivo representa uma água inserível com carga mínima de substância poluente.

[00013] A desidratação e descarboxilação de biomassa é um processo exotérmico, no qual o calor precisa ser afastado.

[00014] Uma das primeiras conversões técnicas da desidratação de vinhaças industriais em reatores de pressão sob $25O^0C$ - 300^0C da indústria de pasta química foi descrita por Friedrich Bergius 1921 (AT86234).

[00015] Além disso, a US 3,552,031 apresenta um dispositivo para a dissociação de água a partir de material orgânico juntamente com água líquida no exemplo de linhita sob temperaturas entre 100^0C e 300^0C em um reator de pressão horizontal, que é alimentado através de um dispositivo transportador e em cuja extremidade o carvão desidratado é novamente retirado. O reator é isolado e aquecido pelo lado de fora. Porém não foram feitas conclusões sobre o controle dos fluxos de calor, cuja condução eficiente apresenta uma influência significativa sobre a eficiência econômica do método. Uma outra desvantagem é o dispositivo transportador no interior do reator.

[00016] Também a US 3,992,784 apresenta um método para a desidratação de material orgânico juntamente com água líquida a mais de 150^0C no exemplo de linhita. A linhita é misturada com água e transportada a um reator de pressão com auxílio de uma bomba. A mistura feita de água e linhita é aquecida previamente pelo transferidor térmico/trocador de calor, que utilizam o calor do produto retirado do

reator. O aquecimento dos edutos é feito exclusivamente através de uma transmissão de calor indireta em transferidor térmico/trocador de calor. O emprego de transferidores térmicos indiretos para o aquecimento prévio de misturas de sólidos/líquidos é difícil devido às propriedades ruins de transferência térmica e à tendência à formação de depósito. Além disso, o secador que apresenta uma demanda de calor considerável, não é incorporado no balanço/gestão de calor da instalação.

[00017] O WO 2008081409 A2 descreve um método e um dispositivo para a desidratação de biomassa juntamente com água líquida sob temperaturas acima de 150 ^{0}C em um reator de pressão, que é composto basicamente de um reator de loop, no qual o produto de saída é colocado. A mistura de reação presente no reator é continuamente recirculada e uma parte retirada do reator e em seguida secada. Além disso, são divulgados agregados secundários. Uma desvantagem desse ensinamento conhecido é a recirculação completa do conteúdo do reator. Desse modo, a mistura de reação atinge somente um período de permanência médio e uma porção da biomassa é imediatamente removida do reator após a entrada, o que interfere negativamente na qualidade do produto. Além disso, é desvantajoso que a mistura de reação seja transportada para fora do reator com uma baixa porcentagem de matéria seca, sendo que também uma grande quantidade de água de reação quente é transportada para fora, que precisa ser substituída por água mais fria para o fechamento do balanço de água.

[00018] Além disso, o EP 1970431 A1 descreve um método e um dispositivo para a desidratação de biomassa juntamente com água líquida sob temperaturas acima de 100^{0}C. A biomassa é neste caso eventualmente pré-aquecida e colocada em um reator de pressão horizontal através de uma bomba ou alimentador rotatório, através do

qual ela é movimentada com auxílio de um parafuso de alimentação. O reator de pressão é aquecido externamente. A biomassa reagida é transportada para fora na extremidade do reator de pressão seja através de uma bomba ou de um alimentador rotatório de pressão. Uma desvantagem desse ensinamento é o uso de um parafuso de alimentação, para movimentar o conteúdo do reator através do reator tubular. Através das elevadas temperaturas ocorre um rápido desgaste da rosca sem fim e devido às elevadas pressões surgem dificuldades no caso da vedação contra a pressão atmosférica.

[00019] Além disso, o WO 2008095589 A1 descreve um reator em formato de S para a desidratação de biomassa em água líquida, que fica em um banho feito de óleo termal, que pode ser resfriado e aquecido quando necessário. Uma desvantagem dessa variante é a operacionalidade ruim da temperatura interna do reator.

[00020] O WO 2008113309 A1 descreve uma transformação química por via úmida de biomassa sob a superfície terrestre, por exemplo, em poços de carvão, sendo que a pressão estática da água permite um aquecimento de camadas que se encontram abaixo de 200 m acima de 200^0C, possibilitando assim uma reação de desidratação. O percurso aqui seguido da conversão técnica apresenta desvantagens em relação a uma instalação que se encontra na superfície terrestre, já que a temperatura de reação pode ser controlada totalmente e os trabalhos de manutenção necessários só podem ser realizados com dificuldade.

[00021] A utilização ainda não propagada dos conhecimentos de Bergius, além da necessidade de manuseio até agora ainda não atendida, está sem dúvida condicionada através do estado insatisfatório quanto à transmissão dos conhecimentos científicos da carbonização hidrotérmica para a tecnologia de processos de aplicação industrial e no caso do desenvolvimento dos dispositivos

respectivos.

[00022] O objetivo da invenção é a exploração da pluralidade de matérias-primas possíveis através da melhoria do estado da técnica no caso da transformação, especialmente de matérias-primas orgânicos especificamente de grande volume, preferivelmente daqueles com elevado teor de água, através da carbonização hidrotérmica, na qual as matérias de aplicação são transformadas por desidratação e descarboxilação principalmente em carvão, húmus, adubo, água e CO_2, também em matérias-primas, materiais recicláveis, materiais auxiliares e combustíveis com elevado valor de consumo, por exemplo de poder calorífico superior e baixo teor de água.

[00023] É tarefa da presente invenção disponibilizar um método simplificado para a carbonização hidrotérmica de biomassa, que atinja uma elevada eficiência com relação à gestão térmica e de água do processo.

[00024] De acordo com a invenção, são propostos especialmente

• um aumento de pressão para fins de introdução dos matérias-primas em recipientes de gás comprimido,

• um aumento da concentração de carbono dos matérias-primas em uma banho-maria sob temperaturas e pressões condicionadas ao processo,

• uma dessecação mecânica e secagem térmica dos produtos carbonizados e opcionalmente

• uma recuperação da água e dos nutrientes vegetais lançados através das matérias-primas.

A tarefa é solucionada através de um método contínuo para a carbonização hdrotermal de biomassa, sendo que

• em um primeiro estágio de processo, do aumento de pressão, a pressão do matéria-prima é basicamente elevada para a pressão do estágio de processo subsequente de pelo menos 500 KPa

(5 bar),

• o matéria-prima em um segundo estágio de processo, da carbonização, é transformado sob dissociação de basicamente água e dióxido de carbono sob uma pressão de pelo menos 500 KPa (5 bar) e temperatura máxima de ebulição da água, em um produto carbonizado,

• o matéria-prima no segundo estágio de processo é, sobretudo transportado verticalmente pela força da gravidade,

• o matéria-prima (que se encontra em transformação) é recirculado preferivelmente na parte/área superior do segundo estágio de processo mediante remoção parcial e repetida condução de água para fora ou para o segundo estágio de processo preferivelmente basicamente perpendicular ao sentido de fluxo principal entre a entrada de eduto e saída de produto,

• o matéria-prima (que se encontra em transformação) se deposita na parte/área inferior do segundo estágio de processo como sedimento aquoso,

• o nível mínimo do sedimento é de tal forma selecionado que o teor de sólidos aumenta por sedimentação para pelo menos 15%, preferivelmente pelo menos 20% mais preferivelmente pelo menos 25%, especialmente preferivelmente pelo menos 30% e o nível máximo da camada de sedimento é assim limitado pela recirculação e/ou adição de vapor de aquecimento, que não se forma sólido residual no fundo através da pressão estática,

• o nível de enchimento do nível de água no segundo estágio de processo é regulado pela remoção e condução de água para o estágio de processo,

• os gases permanentes que se acumulam no segundo estágio de processo são afastados no contra-fluxo em relação ao matéria-prima que entra no segundo estágio de processo, para fora do

segundo estágio de processo de forma que a porcentagem de vapor d´água presente condense pelo menos parcialmente no matéria-prima relativamente mais frio e os gases permanentes só sejam afastados depois, para fora do processo e

• o sedimento é transportado para fora do segundo estágio de processo e através basicamente da evaporação de água basicamente no nível de temperatura de um terceiro estágio de processo, ou seja, de uma secagem aquecida com vapor, no qual a secagem é feita em atmosfera de vapor, e a este conduzido e transportado para fora deste como produto final na forma de carvão comerciável com teores de água inferiores a 30, preferivelmente inferiores a 20, especialmente inferiores a 15 % em massa.

[00025] O princípio fundamental da presente invenção reside em uma concretização simples em termos de tecnologia de processos industriais com um balanço de energia ao mesmo tempo otimizado, o que é possível através de um maior transporte do produto de matéria sólida para fora do segundo estágio de processo, obtendo-se simultaneamente uma quantidade maior possível de água aquecida no segundo estágio de processo e assim evitando-se a formação de um sólido residual no fundo, com ao mesmo tempo uma preparação do calor de escape a partir do resfriamento de retorno do sedimento e da secagem na forma de vapor d´água.

[00026] O método contínuo de acordo com a invenção para a carbonização hidrotérmica dos matérias-primas pode ser vantajosamente configurado, ao realizar pelo menos uma das seguintes medidas:

• no primeiro estágio de processo, a pressão do matéria-prima é basicamente aumentada para a pressão do estágio de processo subsequente de pelo menos 500 KPa (5 bar) e a temperatura do matéria-prima é elevada através de sua mistura com água residual

mais quente com relação à temperatura do matéria-prima e/ou vapor dos estágios de processo subsequentes e convenientemente antes da introdução do matéria-prima para o segundo estágio de processo, é separada o máximo de água possível novamente do matéria-prima, tal como anteriormente foi conduzida, e convenientemente transportada da água removida, o máximo de água possível para fora do processo, tal como é ou foi separada do matéria-prima, nos estágios de processo subsequentes da carbonização e secagem, e além disso permanece água conduzida ao primeiro estágio de processo como água de circuito no processo,

• matéria-prima no segundo estágio de processo é previamente aquecido por condensação do vapor d´água que se forma no próprio estágio de processo e quimicamente decomposto e é transformado em um banho-maria que opera sob condições máxima de ebulição com uma pressão de pelo menos 500 KPa (5 bar) mediante dissociação da água quimicamente ligada e dióxido de carbono, no produto carbonizado,

• o matéria-prima no segundo estágio de processo é sobretudo transportado pela força da gravidade basicamente verticalmente,

• o matéria-prima (que se encontra em transformação) é recirculado na parte/área superior do segundo estágio de processo mediante remoção e em parte nova condução de água para fora ou para dentro do segundo estágio de processo preferivelmente basicamente perpendicularmente ao sentido de fluxo principal entre a entrada de eduto e saída de produto, o qual (que se encontra em transformação) se deposita na parte inferior do segundo estágio de processo como sedimento aquoso,

• nível mínimo do sedimento é selecionado de tal forma que o teor de sólidos é aumentado por sedimentação para pelo menos

15%, preferivelmente pelo menos 20%, mais preferivelmente pelo menos 25%, especialmente preferivelmente pelo menos 30% o nível máximo da camada de sedimento, por exemplo, por recirculação e/ou adição de vapor de aquecimento, é limitado de tal forma que não se forma através da pressão estática nenhum sólido residual no fundo,

• o nível de preenchimento do nível de água no segundo estágio de processo é regulado pela retirada e condução de água para o estágio de processo,

• o equilíbrio calorífico do segundo estágio de processo é obtido através da realimentação para a recirculação de água retirada, que pode ser aquecida em caso de necessidade de calor no segundo estágio de processo, vantajosamente fora do segundo estágio de processo mediante adição de vapor de aquecimento e/ou em um trocador de calor, se necessário pela retirada de vapor e necessariamente pela adição de vapor de aquecimento externo, que condensa no estágio de processamento,

• no segundo estágio de processo é retirado vapor que se forma e que se condensa para fora do segundo estágio de processo e novamente conduzido ao segundo estágio de processo e/ou afastado do segundo estágio de processo para fins de utilização preferivelmente em um outro estágio de processo,

• os gases permanentes que se acumulam no segundo estágio de processo no contra-fluxo em relação ao matéria-prima que entra no segundo estágio de processo são descarregados para fora do segundo estágio de processo de tal forma que a porcentagem de vapor d’água presente condense pelo menos parcialmente no matéria-prima relativamente mais frio e os gases permanentes são descarregados depois para fora do processo,

• o sedimento é transportado para fora do segundo estágio e resfriado por basicamente evaporação de água para basicamente o

nível de temperatura de um terceiro estágio de processo, ou seja, de uma secagem aquecida a vapor, no qual a secagem é feita em atmosfera de vapor a este conduzido e descarregado para fora deste como produto final na forma de carvão comerciável com teores de água inferiores a 30, preferivelmente inferiores a 20, especialmente inferiores a 15 % em massa.

[00027] A seguir, serão descritas formas preferidas de concretização dos três estágios de processo.

[00028] Formas preferidas de concretização do primeiro estágio de processo, ou seja, o aumento de pressão, são: 1. Aumento de pressão do matéria-prima junto com um líquido e 2. Aumento de pressão do matéria-prima junto com um gás.

[00029] Na primeira forma de concretização preferida do primeiro estágio de processo, ou seja, o aumento de pressão do matéria-prima junto com um líquido, de acordo com a invenção a transportabilidade do matéria-prima é melhorada com relação à tecnologia utilizada para o estabelecimento de pressão, preferivelmente com relação a uma bomba de pistão, uma bomba com parafuso excêntrico, um alimentador giratório, um alimentador rotatório de pressão ou bomba de pistão rotativo, através do reabastecimento de pelo menos seu volume da cavidade com água residual mais quente com relação à temperatura do matéria-prima a partir dos estágios de processo subsequentes. Através da adição de água a escoabilidade e a compressibilidade ou incompressibilidade do matéria-prima utilizado são consequentemente melhoradas. A adição de água é feita, de acordo com a invenção antes do aumento da pressão para a pressão dos estágios de processo subsequentes, que se situa convenientemente em termos técnicos em pelo menos 500 KPa (5 bar). A quantidade de água conduzida é selecionada de tal forma que a transportabilidade possa ser assegurada com a tecnologia

selecionada. Preferivelmente, deve ser conduzida mais água do que a quantidade mínima tecnicamente necessária para minimizar o desgaste. A porcentagem de matéria seca (porcentagem TS) no caso do aumento de pressão é preferivelmente inferior a 25% e superior a 2%, mais preferivelmente inferior a 15% e superior a 5%. Através da aplicação de águas residuais quentes provenientes dos estágios de processo subsequentes o calor perceptível das águas residuais quentes pode ser transferido para o matéria-prima e a eficiência energética ser consequentemente melhorada. Para um aumento maior da temperatura pode ser adicionado vapor de exaustão proveniente dos estágios de processo subsequentes que condensa no matéria-prima relativamente mais frio. Através da aplicação de vapor de exaustão quente provenientes dos estágios de processo subsequentes, tanto o calor perceptível como o calor latente do vapor de exaustão quente podem ser transferidos ao matéria-prima e assim melhorando ainda mais a eficiência energética.

[00030] Preferivelmente, a adição do vapor de exaustão é feita antes da adição das águas residuais. A temperatura do matéria-prima é aumentada tecnicamente pela adição de águas residuais e/ou vapor de exaustão apenas na medida em que não ocorra formação exagerada de vapores de exaustão e é limitada pelas condições de ebulição. Preferivelmente, a temperatura do matéria-prima após a adição de água e de vapor é superior a 60^0C e inferior a 100^0C, mais preferivelmente superior a 80^0C e inferior a 100^0C, especialmente preferivelmente superior a $9O^0$C e inferior a 100°C. Depois de o matéria-prima assim preenchido tiver sido pressurizado, a água residual adicionada e/ou o vapor de exaustão condensado, adicionado, é separado imediatamente antes da introdução do matéria-prima no segundo estágio de processo em parte novamente do matéria-prima, a fim de não carregar o segundo estágio de processo com uma

quantidade muito grande de água mais fria com relação à temperatura de reação. É feita uma retirada da água separada para fora do processo convenientemente o máximo possível tal como foi separada do matéria-prima nos estágios de processo subsequentes (carbonização e secagem). Desse modo, a quantidade de água desviada para fora do processo entre o primeiro e o segundo estágio de processo corresponde convenientemente no máximo à diferença entre a quantidade de água introduzida com o matéria-prima no primeiro estágio de processo e transportada para fora junto com o produto final. A água não desviada permanece normalmente como água de circuito no processo.

[00031] Na segunda forma de concretização preferida do primeiro estágio de processo, o aumento de pressão do matéria-prima junto com um gás, o procedimento é feito de acordo com a invenção através de um alimentador rotatório de pressão que opera periodicamente, o qual é composto de pelo menos um alimentador rotatório de baixa pressão e de um alimentador rotatório de alta pressão. Neste caso, o balanceamento de ciclo do alimentador é programado de tal forma que

• em um primeiro ciclo o alimentador rotatório de baixa pressão, que é preenchido durante a operação de regulação antes de sua despressurização com uma mistura feita de vapor d´água e gases permanentes, é despressurizado contra a pressão atmosférica de tal forma que a porcentagem de vapor d´água da mistura de vapor/gás pelo menos parcialmente no matéria-prima (preparação para o aumento de pressão) condensa e a fase de gás remanescente pode ser separadamente obtida e desviada para fora do processo,

• em um segundo ciclo, o matéria-prima assim previamente aquecido é transportado para o alimentador rotatório de baixa pressão aberto preferivelmente através da força da gravidade e este é então travado,

• em um terceiro ciclo o alimentador rotatório de alta pressão, que na operação de regulação antes de sua despressurização é preenchido com uma mistura feita de vapor d´água e gases permanentes, de tal forma que a pressão é atenuada no alimentador rotatório de baixa pressão, que condensa a porcentagem de vapor d´água da mistura de vapor/gás pelo menos parcialmente no matéria-prima presente no alimentador rotatório de baixa pressão,

• em um quarto ciclo o matéria-prima pressurizado e ainda previamente aquecido é transportado do alimentador rotatório de baixa pressão aberto para o alimentador rotatório de alta pressão aberto preferivelmente através da força de gravidade e este é em seguida travado,

• em um quinto ciclo o alimentador rotatório de alta pressão é coberto com uma mistura de gás/vapor a partir do segundo estágio de processo de tal forma que a porcentagem de vapor d´água da mistura de vapor/gás condensa pelo menos parcialmente no matéria-prima presente no alimentador rotatório de alta pressão e este é pressurizado basicamente com a pressão do segundo estágio de processo e

• em um sexto ciclo o matéria-prima assim pressurizado e ainda previamente aquecido é transportado do alimentador rotatório de alta pressão aberto para o segundo estágio de processo preferivelmente pela força da gravidade e este é em seguida travado.

[00032] Preferivelmente, entre o quarto e quinto ciclo é preciso inserir vapor de aquecimento no alimentador rotatório de alta pressão de tal forma que este condense no matéria-prima e desse modo a temperatura do matéria-prima seja aumentada para basicamente o nível de temperatura do segundo estágio de processo, sendo que a pressão se ajusta também ao nível de pressão do segundo estágio de processo. Através dessa medida, as variações de pressão que

ocorrem durante o quinto ciclo são reduzidas no segundo estágio de processo. Além disso, preferivelmente entre o segundo e terceiro ciclo o vapor de exaustão proveniente de um dos estágios de processo a jusante deve ser inserido no alimentador rotatório de baixa pressão de tal forma que ele condense no matéria-prima e desse modo a temperatura do matéria-prima seja aumentada. Através dessa medida a quantidade de vapor de aquecimento necessária para o preaquecimento do matéria-prima é reduzida. Preferivelmente, além disso, a temperatura do matéria-prima antes do primeiro ciclo deve ser aumentada através da mistura do matéria-prima com água residual mais quente com relação à temperatura do matéria-prima, proveniente dos estágios de processo a jusante e/ou com vapor de exaustão proveniente dos estágios de processo a jusante, que condensa no matéria-prima mais frio. A adição de águas residuais e/ou vapor de exaustão deve ser feita tal como descrito na primeira forma de concretização preferida do primeiro estágio de processo. A água residual adicionada e o vapor de exaustão condensado são, porém, novamente em grande parte separados do matéria-prima antes do aumento de pressão. É feito um desvio da água separada para fora do processo o máximo do tanto que é ou foi separado nos estágios de processo a jusante (carbonização e secagem) do matéria-prima. Desse modo, a quantidade de água desviada entre o primeiro e o segundo estágio de processo para fora do processo corresponde no máximo à diferença entre a quantidade de água inserida com o matéria-prima no primeiro estágio de processo e a quantidade de água transportada para fora com o produto final. A água não desviada permanece como água de circuito no processo.

[00033] A forma de concretização preferida do segundo estágio de processo, a carbonização, no qual o matéria-prima é transformado sob dissociação de água basicamente quimicamente ligada e dióxido de

carbono sob uma pressão de pelo menos 500 KPa (5 bar) e temperatura de água de ebulição máxima em um produto carbonizado, pode ser subdividida de acordo com a invenção basicamente em três etapas de processo, sendo

• na primeira etapa de processo, do preaquecimento, o matéria-prima é preaquecido ou aquecido especialmente na temperatura de reação necessária por condensação do vapor d´água que se forma no próprio segundo estágio de processo e opcionalmente por adição de vapor de aquecimento e/ou pela adição de água retirada para fora do segundo estágio de processo, aquecida fora do segundo estágio de processo e retornada,

• na segunda etapa de processo, da carbonização, vantajosamente é mantida a temperatura atingida na primeira etapa de processo, especialmente temperatura de reação, e o matéria-prima é reagido em um banho-maria que opera no máximo sob condições de ebulição com uma pressão de pelo menos 500 KPa (5 bar) através de dissociação de água predominantemente quimicamente ligada e dióxido de carbono e

• na Terceira etapa de processo, da sedimentação, o matéria-prima (que reage) se deposita ou pode ser depositado como sedimento aquoso.

[00034] O transporte de material no segundo estágio de processo é feito vantajosamente sobretudo pela força da gravidade, ou seja, em um reator basicamente no sentido vertical, sendo que uma direção de fluxo principal resulta desde a entrada de eduto até a saída de produto no reator no terceiro estágio de processo, a secagem.

[00035] A temperatura do matéria-prima, que entra na primeira etapa de processo do segundo estágio de processo, corresponde basicamente à temperatura atingida no primeiro estágio de processo através de preaquecimento. A temperatura do matéria-prima é

aumentada na primeira etapa de processo do segundo estágio de processo pela condensação, pelo vapor d´água que se forma na segunda etapa de processo do segundo estágio de processo assim como, se necessário, pela adição de vapor de aquecimento e/ou pela adição de água retirada para fora do segundo estágio de processo, aquecida fora do segundo estágio de processo preferivelmente pela adição direta de vapor de aquecimento ou em um trocador de calor e retornada, para a temperatura da segunda etapa de processo do segundo estágio de processo.

[00036] A temperatura na segunda etapa de processo do segundo estágio de processo corresponde pelo menos à temperatura mínima necessária para a conversão do matéria-prima selecionado, que pode ser consultada na literatura ou pode ser apurada de acordo com os testes ali descritos. Ela pode ser selecionada para a aceleração da transformação também para cima. Preferivelmente a temperatura situa-se entre 150^0C e 250^0C, mais preferivelmente entre 180°C e 230^0C. A pressão do Segundo estágio de processo corresponde pelo menos à pressão de saturação, que corresponde à temperatura da segunda etapa de processo ou que está acima dela. Preferivelmente predominam na segunda etapa de processo praticamente condições de ebulição.

[00037] Na segunda etapa de processo o matéria-prima reage sob dissociação de água basicamente quimicamente ligada e dióxido de carbono. Neste caso, a temperatura pode subir através da reação de carbonização exotérmica localmente acima da temperatura de ebulição, sendo formado vapor d´água, que sobe e novamente condensa preferivelmente na primeira etapa de processo. Verificou-se como energeticamente vantajoso no controle de processo de acordo com a invenção que o condensado proveniente da primeira etapa de processo (preaquecimento) circule novamente em direção da segunda

etapa de processo (carbonização) do segundo estágio de processo.

[00038] De acordo com a invenção, o equilíbrio térmico da segunda etapa de processo do segundo estágio pode ser atingido pela retirada e recondução de água, que pode ser aquecida em caso de necessidade de calor, na segunda etapa de processo do segundo estágio de processo vantajosamente fora do segundo estágio de processo mediante adição de vapor de aquecimento ou em um trocador de calor, caso necessário pela retirada de vapor e necessariamente por adição direta de vapor de aquecimento externo, que condensa no estágio de processo.

[00039] O matéria-prima que se encontra em transformação se deposita de acordo com a invenção na terceira etapa de processo do segundo estágio de processo como sedimento aquoso. Através do estabelecimento de uma camada de sedimento obtém-se uma concentração de matéria sólida, assegurando-se assim que um elevado transporte de produto de matéria sólida seja feito para fora do segundo estágio de processo obtendo-se ao mesmo tempo uma quantidade maior possível de água aquecida no segundo estágio de processo. Convenientemente, a altura da camada de sedimento é de pelo menos 0,5 metros, preferivelmente de 1 metro, mais preferivelmente de pelo menos 2 metros para atingir uma concentração suficiente de matéria sólida.

[00040] Além disso, é assegurado pela estruturação de uma camada de sedimento, que o produto transportado para fora do segundo estágio de processo apresenta uma qualidade mínima, já que o matéria-prima durante o período em que ele circula pela terceira etapa de processo, fica exposto a pressões e temperaturas condicionadas pelo processo e portanto é submetido a uma carbonização e sendo descartado que ele seja transportado pouco após sua entrada no segundo estágio de processo, novamente para

fora deste. Através da altura da camada de sedimento pode ser, portanto, de acordo com a invenção, ajustado um tempo de permanência mínimo e portanto obter-se uma qualidade mínima de produto. Preferivelmente, o tempo de permanência mínimo do matéria-prima na terceira etapa de processo situa-se entre 30 e 180 minutos, mais preferivelmente entre 40 e 120 minutos, especialmente preferivelmente entre 50 e 90 minutos.

[00041] Como na terceira etapa de processo não é possível realizar nenhuma entrada de calor direta através de uma adição de vapor de aquecimento ou água de circuito aquecida, já que isso prejudicaria a camada de sedimento, a camada de sedimento resfria lentamente condicionada pela perda de calor no ambiente mais frio. Em uma forma de concretização preferida, a temperatura do segundo estágio de processo é por essa razão selecionada de tal forma que também no terceiro estágio de processo ainda predominem temperaturas condicionadas pelo processo e se realize uma carbonização. Em uma outra forma de concretização preferida o terceiro estágio de processo é aquecido indiretamente pelo lado externo através de trocador de calor.

[00042] Para evitar a formação de um sólido residual no fundo feito de sedimento, que pode agir de modo impeditivo sobre o transporte de produto para fora do segundo estágio de processo para o terceiro estágio de processo, a altura da camada de sedimento e, consequentemente, o limite entre a segunda e a terceira etapa de processo, que cresce sem uma interferência condicionada pela força da gravidade, é limitada pela retirada e realimentação pelo menos parcial de água para fora ou para a segunda etapa de processo. O local e modo da retirada de água é preferivelmente selecionado de tal forma que um carregamento pequeno com matéria sólida é assegurado. No caso de um cilindro rotatório horizontal, ideal esse é o

meio do cilindro. A retenção de matéria sólida pode ser assistida pela aplicação de preferivelmente peneiras fendidas. A realimentação da água é vantajosamente realizada basicamente em sentido transversal em relação à direção de fluxo principal, ou seja, desde a entrada de eduto até a saída de produto, o segundo estágio de processo, para manter a mistura vertical do matéria-prima que carboniza e, consequentemente, manter a um nível mínimo a interferência na camada desejada de sedimento na terceira etapa de processo. No caso de um reator vertical é feita uma recirculação basicamente horizontal.

[00043] De acordo com a invenção, o nível de água no segundo estágio de processo para a realização da segunda etapa de processo do segundo estágio de processo é regulado pela retirada de água ou opcionalmente pela condução de água, preferivelmente água residual para fora de um outro estágio de processo para o segundo estágio de processo. A retirada ou condução de água referida possibilita um controle especialmente simples do nível de água. A pressão da água desviada para fora do segundo estágio de processo e não conduzida novamente a ele é diminuída em uma variante preferida de concretização através da evaporação instantânea ou em um trocador de calor para aproximadamente uma pressão ambiente e a água em seguida conduzida convenientemente ao primeiro estágio de processo ou desviada para fora do processo. Se ao segundo estágio de processo for conduzida água, então será utilizada preferivelmente água residual quente proveniente do primeiro e do terceiro estágio de processo, que é previamente aquecida preferivelmente pela adição de vapor de exaustão, sendo que a eficiência energética é melhorada.

[00044] Os gases permanentes que se acumulam no segundo estágio de processo são desviados no contra-fluxo em relação ao matéria-prima que entra no segundo estágio de processo para fora do

segundo estágio de processo de tal forma que a porcentagem de vapor d´água presente é removida por condensação pelo menos parcialmente no matéria-prima relativamente mais frio. Verificou-se ser energeticamente vantajoso no controle de processo de acordo com a invenção não desviar o calor latente do vapor d´água da fase gasosa para do segundo estágio de processo, mas sim ser recuperado pelo menos parcialmente por condensação.

[00045] Na combinação desta forma de concretização preferida do segundo estágio de processo com a primeira forma de concretização preferida do primeiro estágio de processo, ou seja do aumento de pressão na presença de um líquido, a condução dos gases permanentes é de tal forma calculada que sua porcentagem de vapor d´água é removida por condensação na primeira etapa de processo do segundo estágio de processo e os gases permanentes entre a primeira etapa de processo do segundo estágio de processo e o primeiro estágio de processo são desviados para fora do processo.

[00046] Na combinação desta forma de concretização preferida do segundo estágio de processo com a segunda forma de concretização preferida do primeiro estágio de processo, ou seja, do aumento de pressão na presença de um gás, a condução dos gases permanentes é preferivelmente configurada de tal forma que sua porcentagem de vapor d´água é removida por condensação parcialmente no alimentador rotatório de alta pressão, parcialmente no alimentador rotatório de baixa pressão e parcialmente antes da entrada do matéria-prima no alimentador rotatório de baixa pressão neste e então ali é desviado para fora do processo.

[00047] De acordo com a invenção, o nível de pressão do sedimento transportado para fora do segundo estágio de processo é atenuado pela despressurização e o nível de temperatura do sedimento transportado para fora do segundo estágio de processo

pela evaporação de água para basicamente o nível de temperatura e de pressão do terceiro estágio de processo, ou seja, de uma secagem aquecida com vapor, na qual a secagem é feita em atmosfera de vapor (preferivelmente de uma secagem a vapor de leito fluidificado atmosférica, de uma secagem a vapor de leito fluidificado pressurizada, de uma instalação de secagem de leito fluidificado ou uma secagem a vapor fluida) e a este conduzido e transportado para fora deste como produto final na forma de carvão comerciável com teores de água inferiores a 30, preferivelmente inferiores a 20, especialmente inferiores a 15 % em massa.

[00048] A secagem, de acordo com a invenção em atmosfera de vapor possibilita que seja obtido a partir da secagem no vapor saturado basicamente (com um teor de gás permanente de tipicamente inferior a 5% em massa, preferivelmente inferior a 1 % em massa), que pode ser condensado sob liberação de calor. A condensação neste caso, pode ser feita diretamente ou preferivelmente após uma compressão ou despressurização.

[00049] Em uma forma preferida de concretização da diminuição de pressão e de temperatura, esta é feita simultaneamente pela evaporação instantânea de uma parte da água transportada com o sedimento para fora do segundo estágio de processo preferivelmente em uma válvula de estrangulamento ou em um alimentador de despressurização que opera periodicamente. Verificou-se ser energeticamente vantajoso nesse controle de processo preferido, que a quantidade do vapor gerado seja maximizada, já que não ocorrem perdas pela utilização de trocadores de calor.

[00050] Em uma outra forma de concretização preferida da diminuição de pressão e de temperatura, primeiramente é feita a diminuição de temperatura pelo aquecimento e evaporação de água, especialmente preferivelmente condensado de vapor de aquecimento

proveniente da secagem em um trocador de calor de contra-fluxo imediatamente antes da diminuição de pressão, que preferivelmente é realizada em um alimentador rotatório de despressurização, alimentador rotatório de célula ou estrangulador. Verificou-se ser energeticamente vantajoso nesse controle de processo preferido que pode ser obtido no trocador de calor tanto vapor como também, caso seja necessário para o fechamento do balanço térmico do segundo estágio de processo, água quente e essa, em seguida, pode ser conduzida ao segundo estágio de processo desde que necessário para o fechamento do balanço térmico.

[00051] Em uma forma preferida de concretização da diminuição do nível de temperatura do sedimento transportado para fora do segundo estágio de processo, o vapor, que é gerado no caso da diminuição de temperatura do sedimento transportado para fora do segundo estágio de processo, é obtido em dois níveis de pressão, sendo que o primeiro nível de pressão corresponde basicamente ao nível de pressão do vapor de aquecimento necessário para o aquecimento do secador e o segundo nível de pressão corresponde basicamente ao nível de pressão do secador. O vapor obtido basicamente no nível de pressão do vapor de aquecimento para o secador pode ser utilizado então para o aquecimento do secador. Se o vapor obtido basicamente no nível de pressão do vapor de aquecimento para o secador for obtido por evaporação instantânea, então este será lavado ou isotermicamente com condensado de vapor quente proveniente da secagem, e só então utilizado para o aquecimento do secador ou condensado em um trocador de calor sob formação de vapor fresco e o vapor fresco assim obtido utilizado para o aquecimento do secador. No caso da utilização de um trocador de calor deve-se observar que o nível de pressão do vapor instantâneo (flash vapor) se situa um pouco acima do nível de pressão do vapor de aquecimento parta o secador, a fim de reduzir as

áreas de trocador de calor necessárias. Se o vapor gerado durante a diminuição de temperatura do sedimento transportado para fora do segundo estágio de processo se acumular não continuamente mas periodicamente devido à conversão da tecnologia de processos industriais da diminuição de pressão e de temperatura, por exemplo em um alimentador rotatório de despressurização, de forma que assim deva-se assegurar através de um armazenamento de vapor conveniente preferivelmente, de reservatório de raízes, uma igualização do fluxo de massa de vapor.

[00052] De acordo com uma forma preferida de concretização do terceiro estágio de processo, este é composto da secagem aquecida com vapor em atmosfera de vapor assim como de uma drenagem mecânica a montante preferivelmente de uma centrífuga, prensa de banda, prensa de filtro ou prensão de pistão. Em uma forma preferida de concretização a drenagem mecânica opera basicamente no nível de pressão da secagem, e sob essa condição a diminuição de pressão e de temperatura do sedimento transportado para fora do segundo estágio de processo é feita antes da drenagem mecânica, e a drenagem mecânica precisa apenas suportar baixas exigências de pressão e de temperatura. Neste caso, apenas o concentrado que se acumula durante a drenagem mecânica será introduzido na secagem aquecida com vapor em atmosfera de vapor e o filtrado será utilizado preferivelmente para o fechamento do balanço de água do segundo estágio de processo, além disso preferivelmente será conduzido ao primeiro estágio de processo antes do aumento de pressão e novamente desviado após liberação de uma parte de seu calor detectável antes do segundo estágio e/ou preferivelmente conduzido a uma preparação, preferivelmente a uma preparação biológica opcionalmente com uma oxidação úmida a montante ou se desejado diretamente uma utilização, opcionalmente após concentração

progressiva por evaporação lenta ou vaporização. Em uma segunda forma de concretização preferida a drenagem mecânica opera basicamente na pressão do segundo estágio de processo sendo que o sedimento desviado para fora do segundo estágio de processo é primeiramente decomposto em um concentrado e filtrado e esses dois fluxos são então a seguir separadamente conduzidos. O concentrado é colocado sob evaporação de água residual basicamente no nível de pressão de temperatura da secagem aquecida com vapor, no qual a secagem é feita em atmosfera de vapor (conforme descrito mais acima para o sedimento) e a esta conduzido. O filtrado, que se acumula à elevada pressão e elevada temperatura, pode ser utilizado para o fechamento do balanço de água do segundo estágio de processo e a porcentagem não necessária para esse fim, antes do seu resfriamento de volta pode ser conduzida preferivelmente a uma preparação térmica, preferivelmente a uma oxidação por via úmida e em seguida resfriada de volta pela evaporação de água, por exemplo pela evaporação instantânea ou em um trocador de calor e ser despressurizada na pressão ambiente e conduzida preferivelmente a uma preparação, preferivelmente a uma preparação biológica ou, se desejado, diretamente a uma utilização opcionalmente após concentração progressiva por evaporação lenta ou vaporização.

[00053] De acordo com uma forma de concretização preferida a secagem aquecida a vapor opera em uma atmosfera de vapor em pressão basicamente ambiente, podendo ser utilizada vantajosamente uma tecnologia de secagem simples em termos de engenharia de processos industriais. De acordo com uma outra forma de concretização preferida a secagem aquecida a vapor opera em atmosfera de vapor em sobrepressão, sendo que o nível de pressão da secagem é vantajosamente selecionado de tal forma que o nível de pressão do vapor de aquecimento utilizado para o aquecimento do

segundo estágio de processo corresponda basicamente ao nível de pressão do vapor de aquecimento necessário para o aquecimento do secador, sendo que a diferença de temperatura entre a temperatura de vapor de aquecimento do vapor utilizado para o aquecimento do secador e a temperatura de secagem preferivelmente situa-se entre 20K e 70K, mais preferivelmente entre 30K e 60K.

[00054] O controle de processo de acordo com a invenção através dos três estágios de processo (elevação de pressão, carbonização, secagem) possibilita obter o calor de escape de processo a partir do segundo e terceiro estágio de processo em relação à parte predominante na forma de vapor saturado que atua de forma especialmente vantajosa sobre a possibilidade da utilização desse calor de escape de processo. Entende-se por calor de escape de processo especialmente:

• vapor, que é obtido durante a diminuição de temperatura da água removida para fora do segundo estágio de processo e não novamente conduzida a este,

• vapor, que é obtido durante a diminuição de temperatura do sedimento aquoso desviado para fora do segundo estágio de processo, caso não seja feita nenhuma ou uma drenagem mecânica sob pressão ambiente,

• vapor, que é obtido durante a diminuição de temperatura separada do concentrado e filtrado obtido durante a drenagem mecânica de sedimento desviado para fora do segundo estágio de processo, caso a drenagem mecânica seja feita no nível de pressão do segundo estágio de processo e

• vapor, que é obtido durante a secagem em atmosfera de vapor.

[00055] Este vapor é lavado em uma forma de concretização preferida antes de uma outra utilização, isotermicamente com

condensado de vapor de aquecimento proveniente da secagem, sendo que podem ser separados compostos orgânicos voláteis e pó. Preferivelmente, o valor de pH da lavagem é adaptado de tal forma que seja feita uma limpeza ampla.

[00056] Em uma outra forma de concretização preferida este vapor é condensado em trocadores de calor e assim gerado vapor fresco. No caso da utilização de trocadores de calor deve-se observar que a temperatura e consequentemente também a pressão do vapor a ser condensado deve estar acima da temperatura e, portanto, da pressão do vapor a ser gerado a fim de assegurar uma transmissão térmica eficiente. Na medida em que no texto se tratar de "basicamente" o mesmo nível de pressão, fica implícito também a diferença de pressão necessária para a transmissão térmica.

[00057] Em uma forma preferida de concretização o vapor lavado ou o vapor fresco é comprimido ou despressurizado em um processo de força com produção de trabalho técnico, sendo que os estágios de pressão da compressão são convenientemente determinados pelo nível de pressão necessário ao aquecimento do secador e ao aquecimento do segundo estágio de processo. Em uma outra forma de concretização, o vapor é condensado sob liberação de calor e este calor é aproveitado preferivelmente para fins de aquecimento. Em uma outra forma de concretização preferida o vapor de aquecimento para o aquecimento do secador e opcionalmente o vapor de aquecimento necessário para o aquecimento do segundo estágio de processo são desacoplados de uma turbina de contrapressão de um processo de uma força motriz a vapor sendo que o nível de pressão do desacoplamento corresponde basicamente ao nível de pressão do vapor de aquecimento necessário para o aquecimento do secador e se necessário ao nível de pressão, que é necessário para o aquecimento do segundo estágio de processo e o vapor de escape obtido no

segundo e no terceiro estágio de processo condensa sob liberação de calor e este é acoplado preferivelmente para o preaquecimento de água de alimentação, ao processo de força motriz a vapor.

[00058] Para melhorar ainda mais o balanço de calor e de água do método, a água que se acumula opcionalmente na lavagem isotérmica dos vapores de secagem e instantâneos, a água de processo separada opcionalmente na drenagem mecânica e o condensado que se acumula opcionalmente durante a formação de vapor fresco, opcionalmente após limpeza a montante de impurezas, tais como pós, é conduzida ou ao primeiro estágio de processo antes do aumento de pressão e novamente desviada após liberação de uma parte do calor detectável, antes do segundo estágio de processo e em seguida conduzida a uma preparação ou se desejado diretamente a uma utilização, opcionalmente após concentração progressiva por evaporação lenta ou vaporização, e as impurezas opcionalmente separadas desviadas para fora do processo.

[00059] A vantagem econômica da invenção é um balanço ideal de energia e mínimo de água da carbonização hidrotérmica, que resulta do controle de processo de acordo com a invenção, que consegue com uma qualidade extraordinária, usual no mercado, do produto final, necessária para a substituição de carvão fóssil também o aproveitamento do calor de escape que se acumula preferivelmente internamente para a secagem do produto e opcionalmente o aquecimento dos matérias-primas com auxílio da compressão a vapor com base no princípio de bombas térmicas, ou preferivelmente externamente por expansão do vapor ao nível de temperatura ambiente, por exemplo para fins de obtenção de energia elétrica proveniente do vapor de escape do processo ou preferivelmente externamente por condensação para a disponibilização de calor de aquecimento.

[00060] O produto final do método, de acordo com a invenção, pode estar presente, por exemplo, na forma de carvão comerciável com teores de água inferiores a 30, preferivelmente inferiores a 20 % em massa, preferivelmente inferiores a 15 % em massa.

[00061] A invenção se refere a combinações de arranjos preferidos, na medida em que estes não se excluam mutuamente.

[00062] A invenção será esclarecida com base nos exemplos a seguir, sem, porém, com isso restringi-la às formas de concretização especialmente descritas.

Exemplos de concretização

[00063] A invenção é descrita a seguir com auxílio da Figura 1 em um exemplo de concretização:

[00064] O matéria-prima deve ser aparas de madeira com uma porcentagem de matéria seca de 50 % em massa e um comprimento de borda de no máximo 30 x 20 x 20 mm.

[00065] Do silo de material a granel 1 são retirados 2000 kg/h de aparas de madeira, correspondente a um desempenho energético de 5155 kW, através do dispositivo transportador 2 com temperatura ambiente e conduzidos ao primeiro estágio de processo, composto do funil de alimentação 3, da bomba de matéria consistente 4 e da separação de água 5.

[00066] A capacidade de bombeamento do matéria-prima é estabelecida em que o volume de vão do matéria-prima é preenchido com 2000 kg/h de água residual interna do processo 29, que foi retirada da lavagem a vapor isotérmica 19, no funil de alimentação 3. A porcentagem de matéria sólida do matéria-prima antes da bomba 4 diminui para 25% em massa. O material é previamente aquecido a uma temperatura superior a 50 ^{0}C.

[00067] A bomba de matéria consistente 4 eleva a pressão da mistura de matéria-prima-água para 2500 KPa (25 bar) e transporta

essa à primeira etapa de processo 7 do segundo estágio de processo através da separação de água 5, na qual cerca de 1300 kg/h de água de processo 30 são separados e conduzidos para fora do processo, por exemplo com obtenção dos elementos nutritivos dissolvidos no processo do matéria-prima como adubos 32, através de um espessamento 33, que é obtido pela liberação de vapores de exaustão 31.

[00068] Através da colocação de material a granel 6 o matéria-prima preaquecido com um teor de sólidos de 37 % em massa chega à primeira etapa de processo 7 do segundo estágio de processo, que opera sob uma pressão de 2000 KPa (20 bar) e na qual a matéria sólida libera água de arraste, que circula em direção à segunda etapa de processo 9 do segundo estágio de processo e na qual o matéria-prima é aquecido através do vapor saturado que sobe da segunda etapa de processo 9 do segundo estágio de processo e condensa, na temperatura necessária à carbonização hidrotérmica, neste exemplo a 210 ^{0}C.

[00069] O matéria-prima preaquecido na primeira etapa de processo 7 do segundo estágio de processo forma um leito fixo 8, que desce pela força da gravidade para o banho-maria da segunda etapa de processo 9 do segundo estágio de processo, onde ele sob uma pressão de 2000 KPa (20 bar) e temperatura de ebulição da água sob separação da maior parte de sua água quimicamente ligada e formação de gases permanentes, tais como dióxido de carbono, que são transportados para fora do processo através de 15, é carbonizado sob liberação de calor.

[00070] O produto carbonizado se decompõe na terceira etapa de processo 10 como sedimento e é transportado dali através de 11 mecanicamente e é regulado sob evaporação instantânea de uma parte da água de sedimento, para dentro do secador 34.

[00071] O balanço de calor do segundo estágio de processo é mantido sob condições de reação aproximadamente isotérmica na segunda etapa de processo pela retirada de água de processo 16 da segunda etapa de processo, através da circulação 13 e a adição de vapor 27 através da condução de vapor 14 e da circulação de água de processo 12 com temperatura de ebulição.

[00072] O sedimento transportado através de 11 para fora do segundo estágio de processo para a secagem 34 do terceiro estágio de processo é ali secado indiretamente com auxílio de áreas aquecidas a vapor sob formação de condensado de vapor de aquecimento 28, sob sobrepressão mínima em uma atmosfera de vapor. Os vapores de saturação 17 e 18 que se formam durante a saída de sedimento 11 e durante a secagem 34 assim como o vapor instantâneo da água retirada para fora do segundo estágio de processo através de 16 são lavados na lavagem a vapor 19 isotérmica com uma sobrepressão mínima com o condensado de vapor de aquecimento 36 que se acumula durante a secagem ou água de processo 16.

[00073] O vapor 20 lavado que se acumula com uma pressão superior à pressão ambiente é comprimido em 21 na pressão de vapor de aquecimento necessária para a realização do terceiro estágio de processo, mediante injeção de condensado de vapor de aquecimento em 24 resfriado de volta para condições de vapor saturado basicamente e em seguida conduzido às áreas de aquecimento da secagem através de 25.

[00074] Vapor instantâneo não necessário para a realização do terceiro estágio de processo pode ser despressurizado de acordo com a invenção em uma expansão 22 com produção de trabalho técnico no nível de temperatura ambiente e liquefeito em uma condensação 23 e em seguida conduzido ao processo, sendo que a água aqui desviada

reduz correspondentemente a saída de água através de 30.

[00075] No caso de necessidade de aquecimento no Segundo estágio de processo, de acordo com a invenção, o vapor comprimido em 21 após resfriamento de retorno em 24 pode ser conduzido a um segundo estágio de compressão 26 e ali ser comprimido sob a pressão necessária para a alimentação ao segundo estágio de processo através de 14.

[00076] No exemplo, o produto final é um produto semelhante a combustível pulverizado de linhita, que é transportado através de 35 para fora do processo com um fluxo de massa de aproximadamente 700 kg/h, teor de água de aproximadamente 15 % em massa e um valor de aquecimento de 4.925 kW.

[00077] O grau de ação energética da conversão química é no exemplo superior a 95 %.

[00078] A invenção é descrita com auxílio da Figura 2 em um segundo exemplo de concretização como segue:

[00079] O matéria-prima deve ser uma mistura de grama e folhagem da preservação de paisagem natural com uma porcentagem de matéria seca de 40 % em massa e um comprimento de no máximo 20 mm.

[00080] 1 t/h do matéria-prima 37 (0,4 t/h de matéria seca e 0,6 t/h de água) é continuamente conduzido sob temperatura ambiente do primeiro estágio de processo composto de um dispositivo para aumentar a pressão, neste exemplo de um alimentador rotatório de pressão de dois estágios 38, que é composto de uma matriz para o matéria-prima, assim como de um alimentador rotativo de baixa pressão, de um alimentador rotativo de alta pressão e de três guarnições de alimentador rotativo.

[00081] O alimentador rotativo de pressão 38 opera periodicamente e aumenta a pressão do matéria-prima para 1800 KPa (18 bar), sendo

que o matéria-prima 37 é transportado pela força da gravidade da matriz para o primeiro alimentador rotativo de baixa pressão, do alimentador rotativo de baixa pressão para o alimentador rotativo de alta pressão e de lá diretamente para o segundo estágio de processo, composto de um recipiente de reação que fica na vertical.

[00082] O matéria-prima é colocado por cima no segundo estágio de processo que opera com uma pressão de 1800 KPa (18 bar) e no qual o matéria-prima libera água de arraste, lá mediante adição de 0,3 t/h de vapor de aquecimento através de 27 é previamente aquecido na temperatura necessária à carbonização hidrotérmica, neste exemplo 190^0C.

[00083] O matéria-prima afunda pela força da gravidade no banho-maria 39, onde ele carboniza sob uma pressão de 1800 KPa (18 bar) e temperatura de ebulição máxima da água sob separação de 0,04 t/h de água quimicamente ligada e sob formação de 0,04 t/h de gases permanentes, tais como dióxido de carbono, que são desviados para fora do processo através de 15, sob liberação de calor e que se deposita como sedimento 40.

[00084] O sedimento 40 com um teor de sólidos de 30% (0,32 t/h de matéria sólida e 0,75 t/h de água) é transportado para fora do segundo estágio de processo através de 11 por via mecânica e regulado sob vapor instantâneo de uma parte da água de sedimento 17 (0,17 t/h), sendo que o teor de sólidos aumenta para aproximadamente 36% e é inserido no secador 34 do terceiro estágio de processo.

[00085] O equilíbrio térmico do segundo estágio de processo é mantido pela remoção de água de processo através de um dispositivo removedor com retenção de matéria sólida 41, de sua circulação 12 e recolocação, através da adição de vapor de aquecimento 27 e o desvio de água através de 16.

[00086] A introdução do vapor de aquecimento 27 e da água de

circulação 12 é feita tangencialmente de tal forma que que a parte/área superior do segundo estágio de processo seja recirculada basicamente em sentido horizontal e assim o nível do sedimento 40 seja limitado de forma que não se forma sólido residual no fundo. Ao mesmo, ao permitir, de acordo com a invenção, uma sedimentação, o teor de sólidos na saída de sedimento é aumentado para aproximadamente 30% em massa, de forma que uma grande quantidade de água quente permanece no segundo estágio de processo, que forma o banho-maria 39, sendo realizada a carbonização e desviada apenas a água quimicamente ligada não transportada para fora com o sedimento, porém introduzida juntamente com o matéria-prima ou como vapor de aquecimento no segundo estágio de processo e dissociada do matéria-prima no segundo estágio de processo (junto aproximadamente 0,19 t/h) através de 16 para fora do segundo estágio de processo e despressurizada sob liberação de vapor instantâneo 42 e disponibilizada para uma posterior utilização como água de processo despressurizada (43). O banho-maria apresenta acima da camada de sedimento neste exemplo um teor de sólidos inferior a 10% em massa, o que assegura uma boa capacidade de recirculação. Neste exemplo fica claro que a permissão, de acordo com a invenção, de construção de uma camada de sedimento acarreta uma concentração progressiva elevada de teor de sólidos na saída de sedimento e desse modo uma grande parte da água de processo pode ser mantida no segundo estágio de processo. O estabelecimento do sedimento faz com que o matéria-prima permaneça por um período mínimo, neste exemplo por 60 minutos, no segundo estágio de processo de forma que possa ser realizada a conversão mínima e seja garantida uma qualidade mínima de produto neste caso um teor de carbono superior a 55% em massa.

[00087] O sedimento transportado através de 11 para fora do

segundo estágio de processo no secador 34 do terceiro estágio de processo é secado lá indiretamente com auxílio de áreas 44 aquecidas a vapor, sob formação de condensado de vapor de aquecimento 28, sob mínima sobrepressão em uma atmosfera de vapor e com um teor de água de 10 % em massa (0,32 t/h de teor de sólidos e 0,04 t/h de água) transportado através de 35 para fora do processo. Neste caso, se formam aproximadamente 0,54 t/h de vapor saturado18. Os vapores instantâneos 17 e 42 que se formam durante a despressurização de sedimento 11 e despressurização de água de processo assim como o vapor 18 que se forma durante a secagem 34 são obtidos como vapor saturado de forma que seu calor latente pode ser aproveitado diretamente após compressão ou despressurização por condensação e ser novamente acoplado ao processo.

[00088] A invenção será a seguir descrita com auxílio da Figura 3 em um terceiro exemplo de concretização:

[00089] O matéria-prima são aparas de madeira com um teor de matéria seca de aproximadamente 50 % em massa e um comprimento de borda de no máximo 60 x 60 x 60 mm.

[00090] Do silo de material a granel 1 são removidas 2000 kg/h de aparas de madeira 37, correspondente a um desempenho de energia de 5.556 kW, através de um dispositivo transportador 2 com temperatura ambiente e conduzidas ao segundo estágio de processo, composto do tanque de trituração 3, do dispositivo para aumento de pressão 61, neste exemplo uma bomba de alta pressão e de um alimentador rotativo de roda celular e da separação de água 5.

[00091] A temperatura do matéria-prima é aumentada através da adição de 200 kg/h de vapor de escape 45, que foi parcialmente obtido na despressurização instantânea do sedimento 40, neste exemplo até acima de 90^0C. A capacidade de transporte do matéria-prima é estabelecida em que este é misturado no tanque de trituração 3 com

uma parte da água de escape interna do processo 46 (1.040 kg/h), que foi removida na drenagem mecânica 47, e uma parte da água de circuito 48 (7.800 kg/h), que foi separada antes do aumento de pressão no alimentador rotativo de roda celular basicamente novamente do matéria-prima e substituída pela água de escape 30 interna do processo. O teor de sólidos do matéria-prima antes do alimentador rotativo de roda celular cai, portanto, para menos de 10 % em massa. A água em excesso (380 kg/h) é desviada através de 49 para fora do processo e, por exemplo, conduzida a uma fase de preparação ou utilização. O aumento de pressão no alimentador rotativo de roda celular é assistido pela condução da água de escape interna do processo 30 para fora da separação de água 5, que é conduzida através de uma bomba de alta pressão para o alimentador rotativo de roda celular.

[00092] No aumento de pressão 61 a pressão da mistura de matéria-prima – água é elevada para 2500 KPa (25 bar) e esta transportada basicamente pela água de escape interna de processo conduzida no circuito 30 para dentro da separação de água 5, onde essa é separada novamente do matéria-prima e para fora da qual o matéria-prima dessecado é conduzido ao segundo estágio de processo. O aumento de pressão também pode ser feito em duas combinações comutadas em série compostas de bomba de alta pressão e alimentadores rotativos de roda celular, caso isso seja vantajoso ou necessário para obtenção da pressão necessária.

[00093] O matéria-prima é colocado por cima com um teor de sólidos superior a 30 % em massa para dentro do segundo estágio de processo que opera sob uma pressão de 2000 KPa (20 bar) e no qual o matéria-prima libera água de arraste, e é previamente aquecido através de água de circulação 12 aquecida pela condensação de aproximadamente 420 kg/h de vapor de aquecimento 27 na

temperatura necessária para a carbonização hidrotérmica, neste exemplo 220^0C.

[00094] O matéria-prima cai condicionado pela força de gravidade no banho-maria 39, onde ele carboniza sob uma pressão de 2000 KPa (20 bar) e temperatura de ebulição máxima da água com separação de 100 kg/h de água quimicamente ligada e formação de 100 kg/h de gases permanentes, tais como dióxido de carbono, que são transportados através de 15 para fora do processo, sob liberação de calor e se deposita como sedimento 40. O banho-maria apresenta acima da camada de sedimento neste exemplo um teor de sólidos inferior a 5 % em massa, o que assegura uma boa capacidade de recirculação. Neste exemplo, fica claro que a possibilidade, de acordo com a invenção, de estabelecimento de uma camada de sedimento produz uma concentração progressiva considerável de matéria sólida na saída de sedimento e desse modo uma grande parte da água de processo é mantida no segundo estágio de processo.

[00095] O sedimento 40 é transportado para fora do segundo estágio de processo através de 11 em dois estágios, por via mecânica e de forma ajustada sob evaporação instantânea de uma parte da água de sedimento 50, 51, sendo que a evaporação instantânea é feita em dois estágios e o vapor instantâneo é obtido neste exemplo como vapor de média pressão em aproximadamente 600 KPa (6 bar) (50; 360 kg/h) e como vapor de baixa pressão em aproximadamente 100 KPa (1 bar) (51; 270 kg/h) e conduzido ao terceiro estágio de processo, composto de uma drenagem mecânica (47) e de uma secagem aquecida a vapor em atmosfera de vapor(34).

[00096] O equilíbrio térmico do segundo estágio de processo é mantido pela remoção de água de processo através de um dispositivo removedor com retenção de matéria sólida 41, sua circulação 12, sendo que ela é aquecida em um trocador de calor por condensação

de vapor de aquecimento 27, pela remoção de vapor 13 e remoção de água 16.

[00097] O balanço de calor do segundo estágio de processo é equilibrado pela remoção de 80 kg/h de água de processo através de 16 que sofre despressurização instantânea, e na qualidade de água 43 (60 kg/h) ou é colocada como água adicional no tanque de trituração (3) ou transportada para fora do processo e vapor saturado 42 (20 kg/h), que fica disponível para um aproveitamento energético posterior.

[00098] O sedimento transportado através de 11 para fora do segundo estágio de processo na drenagem mecânica (47) é ali dessecado mecanicamente a um teor de matéria seca superior a 50 % em massa, o filtrado 46 (1.060 kg/h) é conduzido parcialmente ao tanque de trituração 3 como água de escape interna de processo e o concentrado, o matéria-prima carbonizado, mecanicamente dessecado 52 (1.600 kg/h), é conduzido à secagem 34 onde é secado indiretamente com auxílio de áreas aquecidas a vapor 44, sob formação de condensado de vapor de aquecimento 28 e aproximadamente 730 kg/h de vapor saturado18, sob uma sobrepressão mínima em uma atmosfera de vapor e transportado para fora do processo com um teor de água de 8 % em massa (800 kg/h de matéria sólida e 70 kg/h de água) através de 35.

[00099] O vapor instantâneo 51 que se forma no segundo estágio de processo da despressurização de sedimento 11, o vapor 18 que se forma na secagem 34 assim como o vapor instantâneo 42 da água removida do segundo estágio de processo através de 16 são obtidos como vapor saturado, podem ser conduzidos juntos e ficam disponíveis após descarga do fluxo de vapor para o aquecimento prévio dos matérias-primas 45 no tanque de trituração 3 como vapor de baixa pressão 53 (cerca de 100 KPa (1 bar)) para um aproveitamento energético posterior através da condensação direta ou

despressurização.

[000100] Além disso, fica disponível o vapor instantâneo 50 que se forma no primeiro estágio da despressurização de sedimento como vapor de média pressão (cerca de 600 KPa (6 bar)) para um aproveitamento posterior através da condensação direta ou após compressão ou despressurização.

[000101] No exemplo o produto final é um produto semelhante a um combustível pulverizado de linhita, que é transportado através de 35 para fora do processo com um fluxo de massa de aproximadamente 870 kg/h e um teor de água de aproximadamente 8 % em massa e um valor calorífico de 5.376 kW.

[000102] O grau de ação energético da conversão química é no exemplo superior a 95 %.

[000103] O terceiro exemplo de concretização mostra em relação ao segundo exemplo de concretização com relação à gestão de energia e de água do processo um controle de processo melhorado ainda mais com relação ao segundo exemplo de concretização, já que a temperatura do material de alimentação devido à recirculação do calor residual pôde ser aumentada na forma de vapor de escape proveniente da despressurização instantânea e na forma de água residual proveniente da drenagem mecânica, de forma que a demanda específica de vapor de aquecimento 27 cai no segundo estágio de processo e ao mesmo tempo a demanda de vapor de aquecimento 25 é reduzida na secagem através da drenagem mecânica a montante. A água separada na drenagem mecânica é vantajosamente utilizada para estabelecer a capacidade de bombeamento do matéria-prima e preparar a água necessária para a realização do segundo estágio de processo, que não é colocada no processo tal como no primeiro exemplo, com o matéria-prima mais seco em comparação com o primeiro exemplo de concretização.

[000104] A quantidade de agua transportada neste exemplo para fora da instalação resulta da soma dos fluxos 49 e 43 assim como dos fluxos 50 e 53 após uma condensação direta ou realizada após uma compressão ou despressurização.

[000105] A utilização, de acordo com a invenção, dos fluxos de vapor de escape é a seguir descrita pela Figura 4 em um quarto exemplo de concretização, que deve ser considerado em combinação com o exemplo de concretização 2 (Figura 2):

[000106] Os vapores instantâneos 17 e 42 que se formam na despressurização de sedimento 11 e na despressurização da água removida para fora do segundo estágio de processo através de 16 assim como o vapor 18 que se forma na secagem 34 são lavados na lavagem a vapor 19 isotermicamente com o condensado de vapor de aquecimento 28 que se acumula durante a secagem.

[000107] O vapor lavado 20 é comprimido no compressor 21 na pressão de calor de aquecimento necessária para a realização do terceiro estágio de processo, aquecido mediante injeção de condensado de vapor de aquecimento em 24, ou seja, colocado basicamente na temperatura de vapor saturado, e em seguida conduzido às áreas de aquecimento da secagem através de 25.

[000108] No caso de demanda de aquecimento no segundo estágio de processo o vapor comprimido em 21, de acordo com a invenção, poderá ser conduzido após resfriamento de retorno em 24, a um segundo estágio de processo 26 e lá ser comprimido na pressão necessária para o lançamento no segundo estágio de processo através de 27.

[000109] O vapor não necessário para o aquecimento do segundo e do terceiro estágio de processo pode ser despressurizado de acordo com a invenção em uma expansão 22 sob liberação de trabalho técnico ao nível de temperatura ambiente e ser fluidificado em uma

condensação 23. Alternativamente também poderá ser feita uma condensação simples do vapor em excesso sob liberação de calor.

[000110] O condensado de vapor que acumula durante 55 e a água de escape interna de processo que se acumula durante 29 proveniente da lavagem a vapor isotérmica são, em caso de necessidade, utilizados internamente no processo como água de circuito ou opcionalmente desviados para fora do processo após uma preparação.

[000111] O aproveitamento, de acordo com a invenção dos fluxos de vapor de escape é a seguir descrito com auxílio da Figura 5 em um quinto exemplo de concretização, que deve ser considerado em combinação com o exemplo de concretização 3 (figura 3):

[000112] O vapor de baixa pressão 53 não necessário para o preaquecimento regenerativo dos matérias-primas (cerca de 1 bar) é condensado em um evaporador de baixa pressão 56. O contra-fluxo o condensado de vapor de aquecimento 28 que se acumula na secagem sofre em seguida uma despressurização instantânea e o vapor instantâneo assim formado que foi separado no separador 57 de líquido/vapor, evapora juntamente com o condensado de vapor 55 proveniente da expansão 22 e fornece, juntamente com o vapor instantâneo proveniente de 57, o vapor de baixa pressão 20. Neste caso, deve-se observar que o vapor de baixa pressão 20 condicionado pela diferença de temperatura necessária no trocador de calor é gerado a uma pressão de aproximadamente 90 KPa (0,9 bar).

[000113] O vapor de baixa pressão 20 (cerca de 80 KPa (0,8 bar)) é comprimido no compressor 21 na pressão de vapor de aquecimento necessária para a realização do terceiro estágio de processo, aquecido por injeção de condensado de vapor de aquecimento em 24 ou seja, colocado basicamente na temperatura de vapor saturado, e em seguida juntamente com vapor instantâneo proveniente da despressurização do condensado 54 e o vapor adicionalmente gerado

em 58 e separado em 57, é conduzido às áreas de aquecimento da secagem através de 25.

[000114] Em caso de necessidade de aquecimento no segundo estágio de processo de acordo com a invenção o vapor comprimido em 21 após o resfriamento de retorno em 24 é conduzido a um segundo estágio de processo 26 e lá é comprimido na pressão necessária para o acoplamento ao segundo estágio de processo através de 27. O condensado 54 do vapor de aquecimento 27 sofre despressurização instantânea e é parcialmente evaporado no evaporador de média pressão 58 por condensação de vapor instantâneo de média pressão 50 (cerca de 600 KPa (6 bar)). O vapor assim obtido, que é gerado condicionalmente pela diferença de temperatura necessária no trocador de calor a uma pressão de aproximadamente 500 KPa (5 bar), é separado no separador de líquido-vapor 57 da fase líquida e conduzido como vapor de aquecimento juntamente com o vapor comprimido em 21 e desaquecido em 24 da secagem através de 28. A fase líquida é misturada juntamente com o condensado de vapor de aquecimento proveniente da secagem 28 e em pregado parcialmente para o resfriamento de retorno de vapor em 24 e parcialmente para a geração de vapor de faixa pressão.

[000115] O vapor não necessário para o aquecimento do segundo e do terceiro estágio de processo de acordo com a invenção é despressurizado em uma expansão 22 com produção de trabalho técnico no nível de temperatura ambiente e liquefeito em uma condensação 23. Alternativamente, também pode ser feita uma condensação simples do vapor em excesso sob liberação de calor.

[000116] O condensado de vapor de baixa pressão que se acumula em 59 e o condensado de vapor de média pressão que se acumula em 60 são utilizados como água de circuito se houver necessidade,

internamente no processo ou opcionalmente desviados para fora do processo após preparação.

LISTAGEM DE REFERÊNCIA

1) silo de material a granel
2) dispositivo transportador
3) funil de alimentação/tanque de trituração
4) bomba de matéria consistente
5) separação de água
6) colocação de material a granel
7) primeira etapa de processo, segunda etapa de processo
8) leito fixo do matéria-prima
9) segunda etapa de processo, segundo estágio de processo
10) terceira etapa de processo, segundo estágio de processo
11) saída de sedimento com despressurização instantânea
12) água de processo de circulação proveniente do segundo estágio de processo
13) vapor de remoção proveniente do segundo estágio de processo
14) adição de vapor
15) desvio de gás permanente
16) água de processo proveniente do segundo estágio de processo
17) vapor instantâneo proveniente de despressurização de sedimento
18) Vapor proveniente da secagem
19) lavagem de vapor instantâneo isotérmica
20) Vapor de baixa pressão antes do compressor
21) Compressor I
22) expansão
23) condensação

24) vapor de resfriamento
25) vapor de aquecimento secagem
26) compressor II
27) Vapor de aquecimento para o aquecimento do segundo estágio de processo
28) Condensado de vapor de aquecimento proveniente da secagem
29) água de escape interna de processo proveniente da lavagem a vapor
30) água de escape interna de processo proveniente da separação de água
31) Vapores de exausto provenientes de concentração
32) Adubos
33) concentração de água de processo
34) secador em atmosfera de vapor
35) saída de produto
36) condensado de vapor de aquecimento para a lavagem isotérmica
37) matéria-prima antes do primeiro estágio de processo
38) alimentador rotatório de pressão
39) banho-maria no segundo estágio de processo
40) sedimento no segundo estágio de processo
41) dispositivo removedor com retenção de matéria sólida
42) vapor instantâneo proveniente da despressurização de água de processo
43) água de processo despressurizada
44) áreas aquecidas a vapor
45) vapor de escape antes do preaquecimento
46) água residual interna de processo proveniente de drenagem mecânica

47) drenagem mecânica
48) água de circuito para o transporte de matéria-prima
49) água de processo transportada para fora
50) Vapor instantâneo pressão média proveniente de despressurização de sedimento
51) vapor instantâneo baixa pressão proveniente de despressurização de sedimento
52) matéria-prima carbonizado após drenagem mecânica
53) vapor de baixa pressão
54) condensado de vapor de aquecimento proveniente do segundo estágio de processo
55) condensado de vapor expansão
56) trocador de calor/evaporador de baixa pressão
57) separador de líquido-vapor
58) trocador de calor/evaporador de média
59) condensado de vapor de baixa pressão
60) condensado de vapor de média pressão
61) bomba de alta pressão e válvula rotativa

REIVINDICAÇÕES

1. Método contínuo para carbonização hidrotérmica de biomassa, caracterizado pelo fato de compreende as etapas de:

• em um primeiro estágio de processo, aumentar a pressão, sendo que a pressão do matéria-prima é elevada basicamente à pressão do estágio de processo subsequente de pelo menos 500 KPa (5 bar),

• converter a matéria-prima em um produto carbonizado em um segundo estágio de processamento, sendo que a carbonização, com clivagem de basicamente água e dióxido de carbono a uma pressão de pelo menos 500 KPa (5 bar) e no máximo a temperatura de ebulição da água,

• transportar basicamente a matéria-prima verticalmente, principalmente por gravidade no segundo estágio de processamento,

• circular a matéria-prima na área superior do segundo estágio de processamento por remoção e reabastecimento parcial de água do ou para o, respectivamente, segundo estágio de processamento,

• estabelecer a matéria-prima na parte inferior do segundo estágio de processamento como um sedimento contendo água,

• selecionar a altura mínima do sedimento de modo que o teor de sólidos seja aumentado por sedimentação para pelo menos 15%, pelo menos 20%, pelo menos 25%, ou pelo menos 30%, e limitar a altura máxima da camada de sedimento para que uma fração de fundo sólido não se forme devido à pressão estática,

• regular a altura de enchimento do nível de água na segunda fase de processamento é regulada pela remoção e fornecimento de água na fase de processamento,

• os gases permanentes que surgem no segundo estágio de processamento são descarregados do segundo estágio de

processamento em contrafluxo da matéria-prima entrando no segundo estágio de processamento de tal forma que a fração de vapor incluída condensa pelo menos parcialmente na matéria-prima, que é mais fria em relação a ela, e os gases permanentes são apenas, em seguida, descarregados do processo, e

• o sedimento é liberado a partir da segunda fase de processamento e resfriado por vaporização de água para basicamente o nível de temperatura de uma terceira fase de processamento, secagem aquecida por vapor, sendo que a secagem é realizada em atmosfera de vapor, e fornecida a ela e é liberado a partir dela como o produto final na forma de carvão comerciável com um teor de água inferior a 30, inferior a 20, ou inferior a 15% em massa.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a temperatura da matéria-prima, na primeira etapa de processamento, é aumentada pela mistura das mesmas com águas residuais e vapor residual das etapas de processamento seguintes, que é mais quente em relação à temperatura da matéria-prima, e no máximo, a mesma quantidade de água é separada novamente da matéria-prima antes da introdução da matéria-prima, no segundo estágio de processamento, como foi fornecida anteriormente, e da água separada, no máximo, tanta água é descarregada do processo quanto seria separada da matéria-prima nas seguintes etapas de processamento de carbonização e secagem, e, além disso, a água fornecida na primeira etapa de processamento permanece como água circulante no processo.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que, na primeira etapa de processamento, o aumento de pressão da matéria-prima é realizado na presença de um líquido e, imediatamente antes do aumento de pressão, a capacidade de transporte da matéria-prima é produzida por preencher pelo menos

seu volume de lacuna com águas residuais internas do processo e, antes da introdução da matéria-prima no segundo estágio de processamento, no máximo a mesma quantidade de água é separada da matéria-prima novamente como foi fornecida anteriormente.

4. Método, de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que, em uma segunda etapa de processamento da segunda etapa de processamento, a carbonização, é obtida uma sequência de processo aproximadamente isotérmica por remoção de vapor, reabastecimento da água removida para a circulação, e, se necessário, adicionando vapor quente externo que se condensa na fase de processamento.

5. Método, de acordo com uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que, em uma segunda etapa de processamento da segunda etapa de processamento, a carbonização, uma sequência de processo aproximadamente isotérmica, é obtida por remoção de vapor e remoção, aquecimento e reabastecimento da água removida para a circulação.

6. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que a drenagem mecânica é ligada a montante da secagem da terceira etapa de processamento, que é aquecida com vapor, sendo que apenas o concentrado proveniente da drenagem mecânica é introduzido na secagem aquecida com vapor.

7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que o vapor instantâneo da redução da pressão da água não reabastecida à segunda etapa de processamento e do sedimento contendo água, bem como o vapor gerado durante a secagem, são isotermicamente lavados, e, em seguida, comprimidos ou relaxados em um processo de força enquanto libera trabalho técnico, sendo as etapas de pressão da compressão determinadas pela pressão necessária para o

aquecimento do secador e para o aquecimento da segunda etapa de processamento.

8. Método, de acordo com uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que o vapor instantâneo da redução da pressão da água que não é reabastecida à segunda etapa de processamento e do sedimento contendo água, bem como o vapor que surge durante a secagem, são condensados para gerar vapor vivo, que é, então, comprimido ou relaxado em um processo de força enquanto libera trabalho técnico, sendo as etapas de pressão da compressão determinadas pela pressão necessária para aquecer o secador e para aquecer a segunda etapa de processamento.

9. Método, de acordo com uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que a água proveniente da lavagem isotérmica do vapor instantâneo e do vapor de secagem é fornecida à matéria-prima na primeira etapa de processamento antes do aumento de pressão, e, após liberar uma parte do seu calor perceptível para a matéria-prima, é pelo menos parcialmente separada dela novamente antes do segundo estágio de processamento e então fornecida para uma utilização.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que uma concentração por evaporação ou inspeção é conectada a montante da utilização.

11. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que o filtrado proveniente da drenagem mecânica é fornecido à matéria-prima na primeira etapa de processamento antes do aumento de pressão e, após liberar uma parte do seu calor perceptível à matéria-prima, é pelo menos parcialmente descarregado novamente antes do segundo estágio de processamento, e, então, fornecido para uma utilização.

12. Método, de acordo com a reivindicação 11,

caracterizado pelo fato de que uma concentração por evaporação ou inspeção é ligada a montante da utilização.

13. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, caracterizado pelo fato de que o condensado proveniente do vaporizador é fornecido à matéria-prima na primeira etapa de processamento antes do aumento de pressão e, após liberar uma parte do seu calor perceptível, é pelo menos parcialmente descarregado novamente antes do segundo estágio de processamento, e, então, fornecido para uma utilização.

14. Método, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que uma concentração por evaporação ou inspeção é conectada a montante da utilização.

FIG. 1

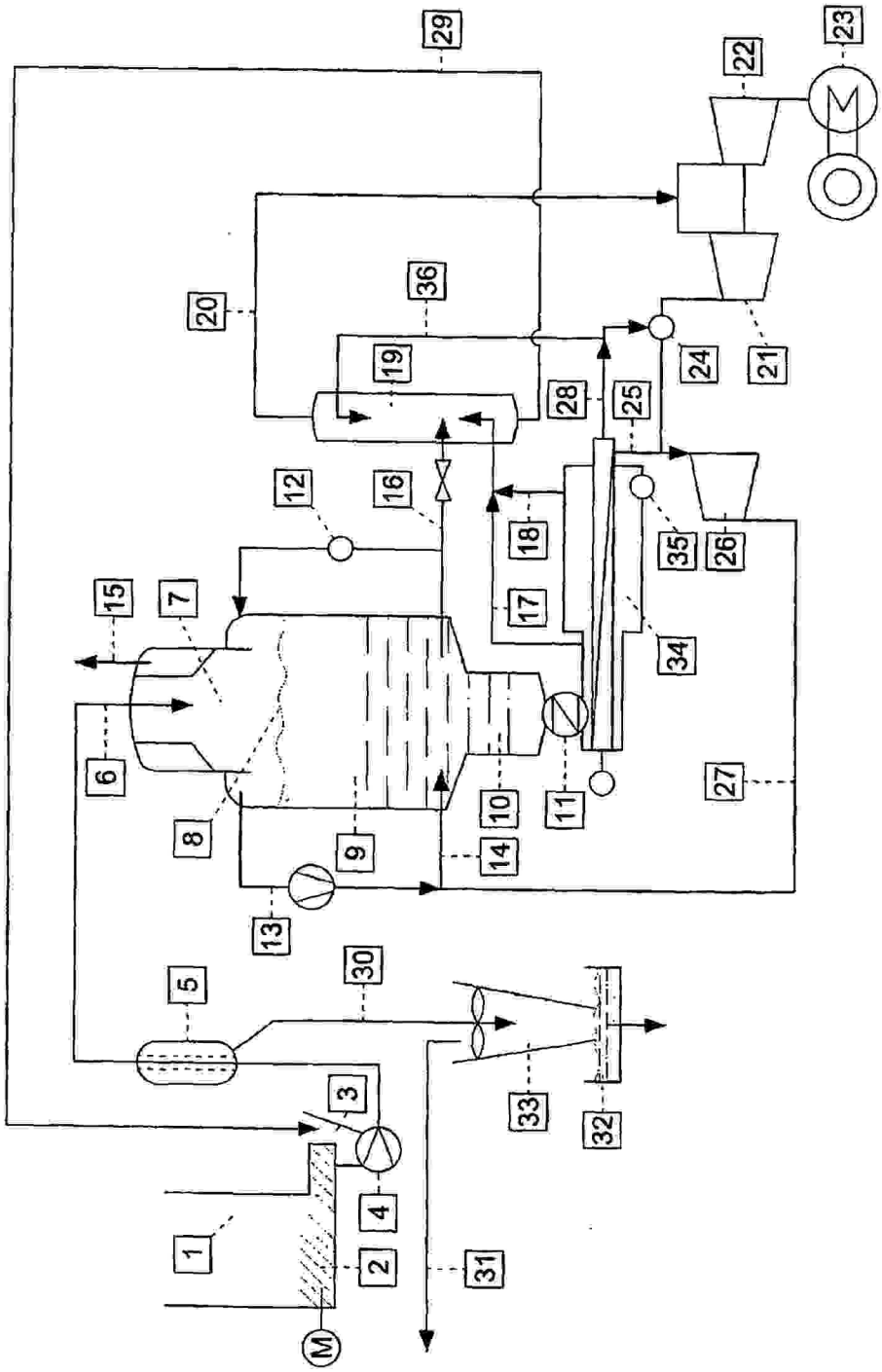

29
22
23
20
36
19
24
21
28
25
12
16
18
35
26
15
7
17
34
6
10
11
27
8
9
14
13
30
5
3
33
32
4
1
2
31
M

FIG. 2

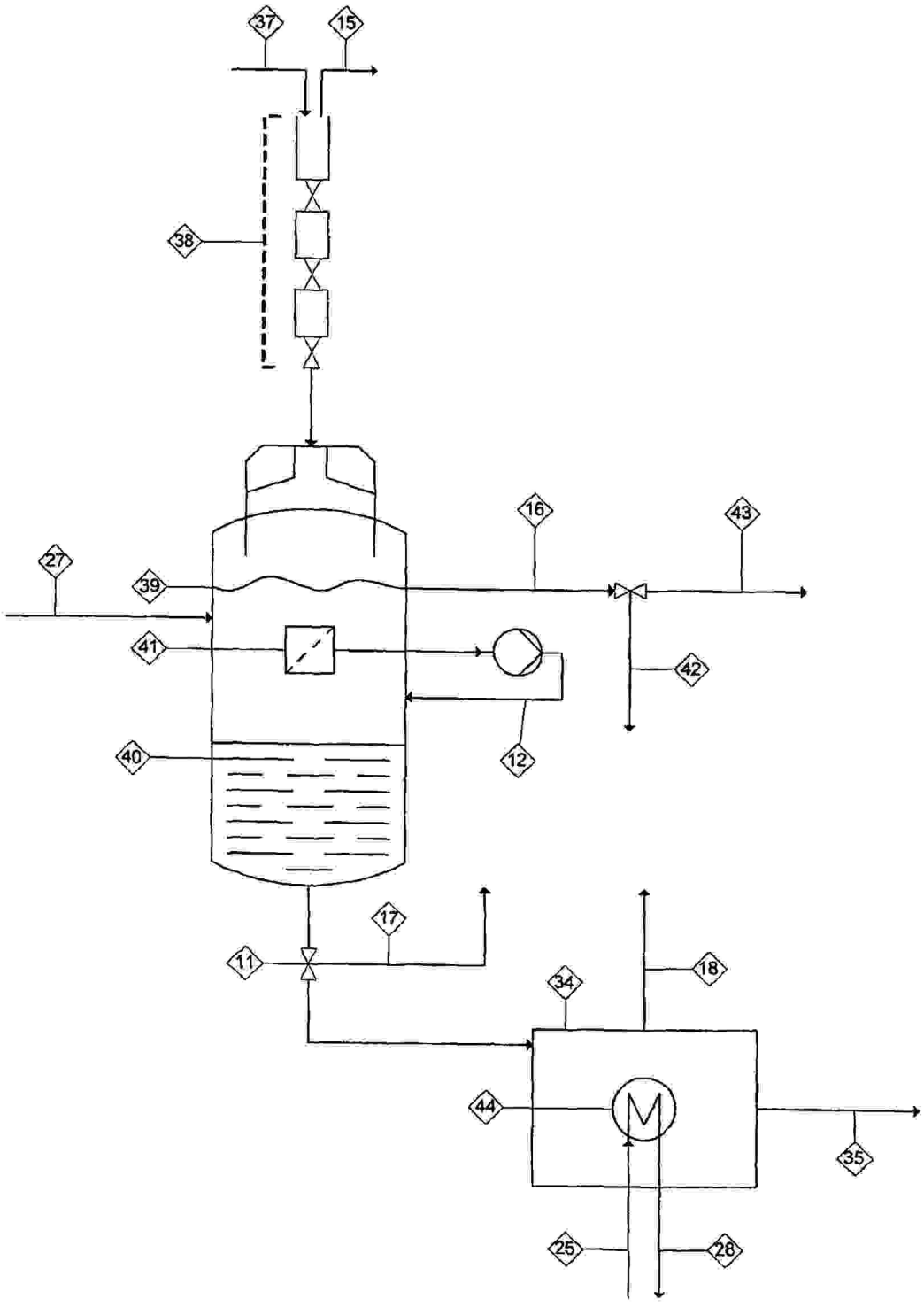


FIG. 3

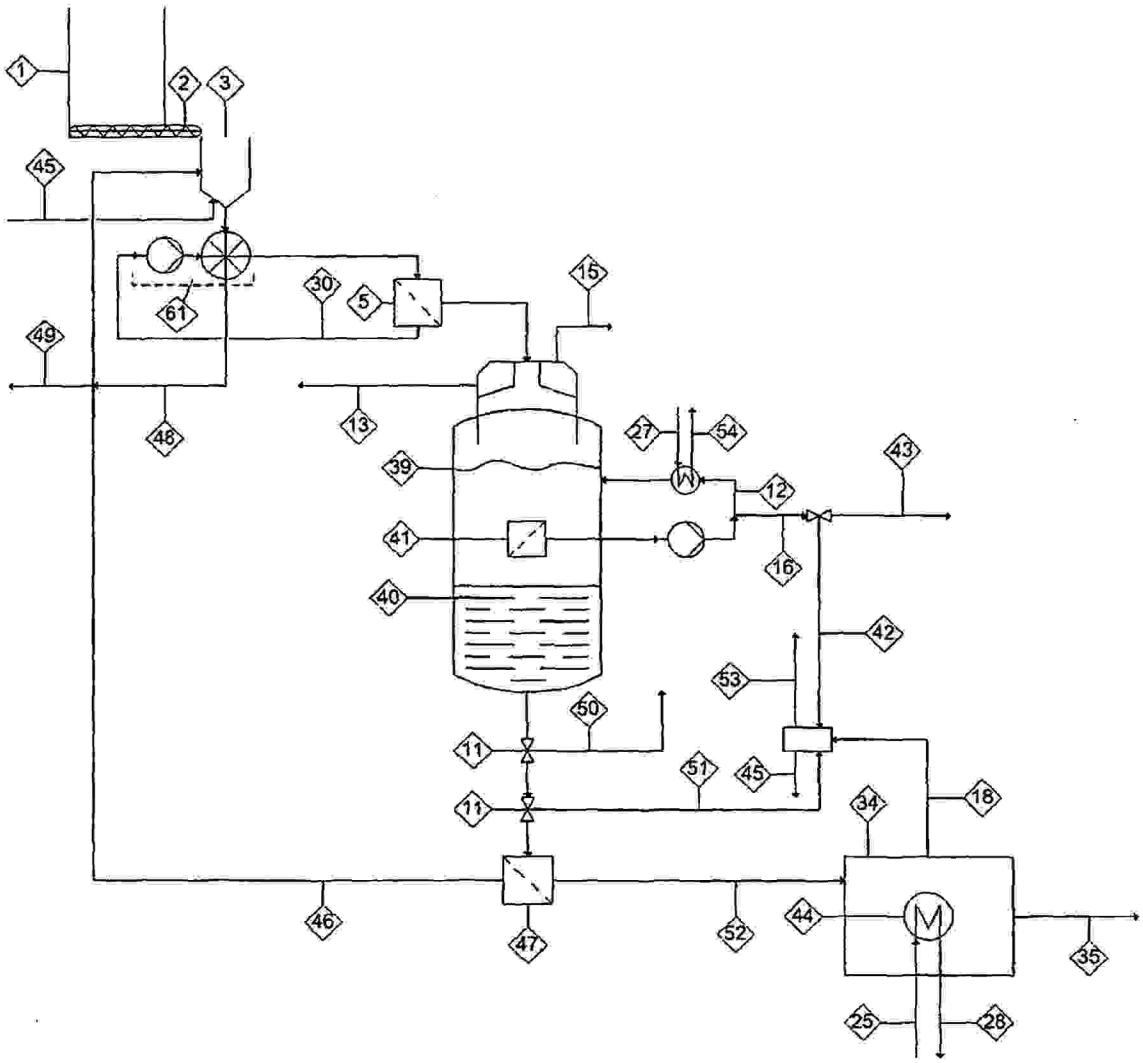

1
2
3
45
61
30
5
15
49
13
46
27
54
39
12
43
41
16
40
42
53
50
11
51
45
11
34
18
46
47
52
44
35
25
28

FIG. 4

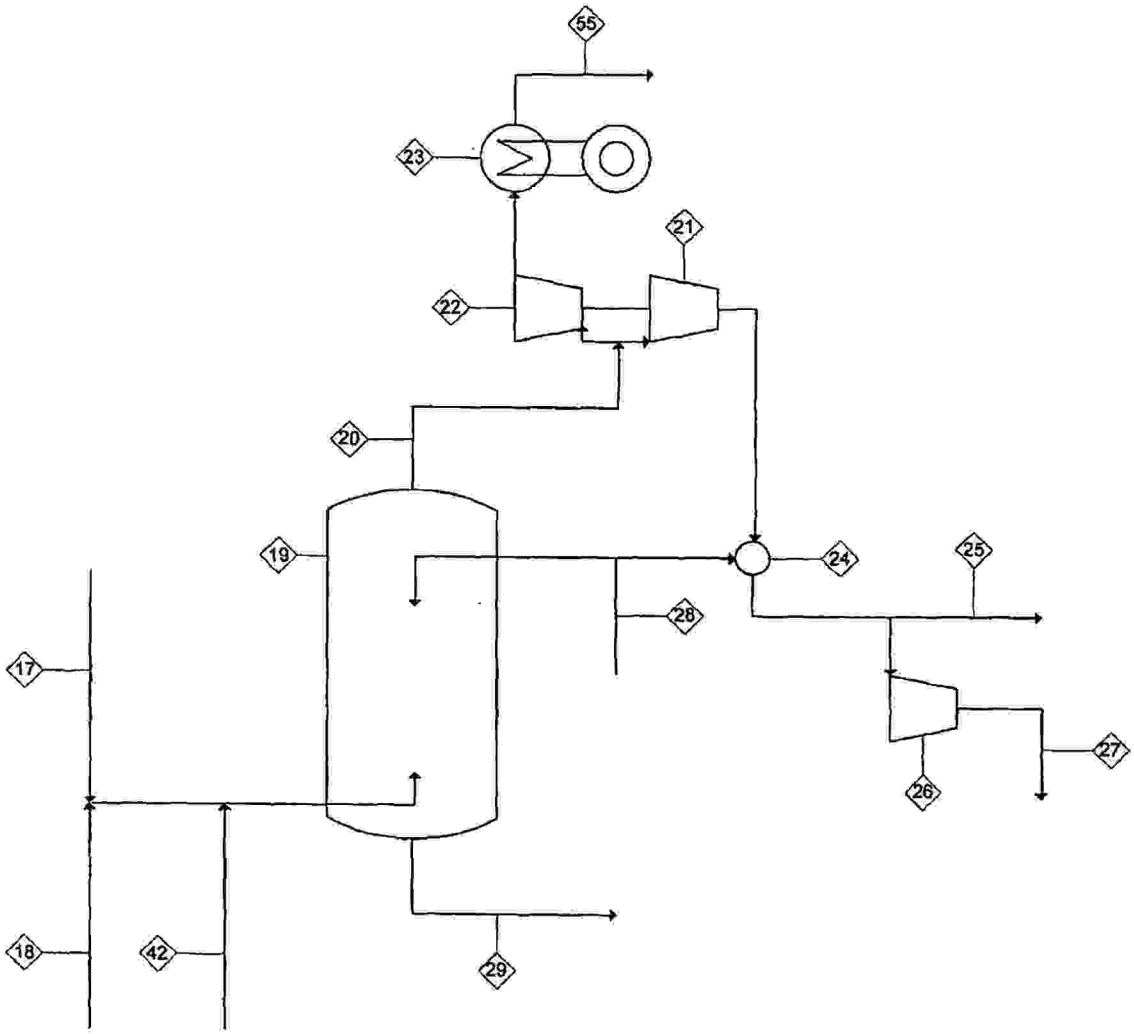


FIG. 5

