



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

(11) PI 1006899-6 B1



(22) Data do Depósito: 10/03/2010

(45) Data de Concessão: 09/11/2021

(54) Título: APARELHO DE DECOMPOSIÇÃO HIDROTÉRMICA DE BIOMASSA E SISTEMA DE PRODUÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA ORGÂNICA QUE USA MATERIAL DE BIOMASSA

(51) Int.Cl.: B09B 3/00; C10L 1/02; C10L 1/04; C12M 1/00; C12P 7/10; (...).

(73) Titular(es): MITSUBISHI POWER ENVIRONMENTAL SOLUTIONS, LTD..

(72) Inventor(es): MINORU GENTA; RYOSUKE UEHARA; HIDEO SUZUKI; SEIICHI TERAURA.

(86) Pedido PCT: PCT JP2010054022 de 10/03/2010

(87) Publicação PCT: WO 2011/111189 de 15/09/2011

(85) Data do Início da Fase Nacional: 30/06/2011

(57) Resumo: APARELHO DE DECOMPOSIÇÃO HIDROTÉRMICA DE BIOMASSA, MÉTODO DE CONTROLE DE TEMPERATURA PARA ELE E SISTEMA E PRODUÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA ORGÂNICA QUE USA MATERIAL DE BIOMASSA. Trata-se de um aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa que introduz um material de biomassa sólido 11 a partir de um lado de um corpo de aparelho 42, introduz água quente pressurizada 15 a partir do outro lado, de modo a decompor hidrotérmicamente o material de biomassa 11 enquanto põe o material de biomassa 11 em conta-contato com água quente pressurizada 15, dissolve as frações solúveis em água quente na água quente, descarrega a água quente pressurizada para fora a partir do lado do corpo do aparelho 42 como um efluente de água quente 16 e descarrega a biomassa sólida 17 para fora a partir do outro lado. O aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa inclui: uma unidade de resfriamento de temperatura interna que faz cair rapidamente a temperatura depois efetuar a decomposição hidrotérmica durante um determinado período de tempo; unidades de medição de temperatura interna de modo a ser mantida a uma temperatura de resfriamento predeterminada pela unidade de resfriamento de temperatura interna com base nos resultados de mediações de temperatura obtidos pelas unidades de medição de temperatura T? a (...).

“APARELHO DE DECOMPOSIÇÃO HIDROTÉRMICA DE BIOMASSA E SISTEMA DE PRODUÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA ORGÂNICA QUE USA MATERIAL DE BIOMASSA”

Campo

[001] A presente invenção refere-se a um aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa que pode decompor hidrotermicamente um material de biomassa de maneira eficaz, a um método de controle de temperatura para ele e a um sistema de produção de matéria-prima orgânica que usa um material de biomassa e pode produzir de maneira eficaz uma matéria-prima orgânica, tal como o álcool, substitutos do petróleo ou aminoácido, o sistema de produção usando o aparelho de decomposição hidrotérmica da biomassa e o método dele.

Antecedentes

[002] Convencionalmente, uma técnica para produzir etanol ou semelhantes, na qual uma separação sólido-líquido é efetuada após a sacarificação da biomassa, como a madeira, pelo uso de ácido sulfúrico diluído ou ácido sulfúrico concentrado, e a fase líquida é neutralizada e usada como matéria-prima para fermentação do etanol, tem sido utilizada para fins práticos (Literatura de Patente 1, Literatura de Patente 2).

[003] Além disso, pode ser considerada a produção de matérias-primas industriais químicas (a fermentação do ácido láctico, por exemplo) com o uso do açúcar como material de partida.

[004] Neste relatório, “biomassa” representa organismos incorporados a um sistema circulatório de substâncias da biosfera global ou a acumulação de matérias orgânicas derivadas dos organismos (ver JIS K 3600 1258).

[005] A cana-de-açúcar, o milho e semelhantes, que são atualmente usados como matérias-primas do álcool, são originalmente usados como alimentos e o uso destes recursos comestíveis como recursos industriais a longo prazo e de maneira estável não é preferível em vista do ciclo de vida útil de gêneros alimentícios eficazes.

[006] Portanto, é uma questão importante o uso eficaz de recursos de celulose, tais como a biomassa herbácea e a biomassa à base de madeira, que se acredita serão recur-

sos industriais úteis no futuro.

[007] Além disso, nos recursos de celulose, a razão dos componentes dos recursos varia de modo que a razão da celulose seja de 38% para 50%, a do componente de hemicelulose seja de 23% para 32% e a do componente de lignina, que não é usado como matéria-prima de fermentação, seja de 15% para 22%. Uma vez que as pesquisas industriais têm sido realizadas com muitos problemas não resolvidos, as matérias-primas nas pesquisas são presumidas de maneira fixa, e atualmente não há revelação de uma técnica de um sistema de produção que leve em consideração a versatilidade dos materiais.

[008] Originalmente, uma vez que problemas de resíduos e a prevenção do aquecimento global são levados em consideração de acordo com um método desfavorável ao material de fermentação comparado com o material de amido, é menos adequado o sistema de produção no qual as matérias-primas são consideradas de maneira fixa. Este sistema de produção deve ser amplamente aplicável a materiais residuais gerais. A sacarificação enzimática propriamente dita não é eficaz de modo algum e é pensada como um problema que deve ser solucionado no futuro. A taxa de sacarificação por tratamento ácido tem um valor consideravelmente pequeno de cerca de 75% (em uma base de componente capaz de ser sacarificada) devido à decomposição excessiva do açúcar causada por reação excessiva. Portanto, a produção de etanol é de cerca de 25% com relação aos recursos de celulose (Literatura de Patente 1, Literatura de Patente 3).

[009] Nas técnicas convencionais reveladas nas Literaturas de Patente de 1 a 3, há um fenômeno no qual um subproduto da reação provoca a inibição da sacarificação enzimática de modo a diminuir a produção de açúcar. Portanto, foi proposto um aparelho de decomposição hidrotérmica que remove uma substância que inibe a sacarificação enzimática de modo a aumentar a atividade da enzima com base na celulose (Literaturas de Patente 4 e 5).

Lista de Citações

Literaturas de Patente

Literatura de Patente 1: Publicação Nacional de Pedido de Patente Japonês No.

H9-507386

Literatura de Patente 2: Publicação Nacional de Pedido de Patente Japonês No.

H11-506934

Literatura de Patente 3: Pedido de Patente Japonês Aberto ao Público No. 2005-

168335

Literatura de Patente 4: Pedido de Patente Japonês Aberto ao Público No. 2009-

183805

Literatura de Patente 5: Pedido de Patente Japonês Aberto ao Público No. 2209-

183154

Literatura que Não é de Patente:

Literatura que Não é de Patente 1: Nikkeu Bio Business, pág. 52, Setembro de

2002

Sumário

Problema Técnico

[010] No aparelho de decomposição hidrotérmica de acordo com as Literaturas de Patente 4 e 5 mencionado acima, a biomassa e a água quente pressurizada são introduzidas em contra-contato uma com a outra de modo a provocarem reação hidrotérmica por troca de calor interna. Entretanto, uma distribuição de temperatura ocorre à temperatura interna.

[011] A Figura 13 é um diagrama de padrão de um aparelho vertical de acordo com um exemplo convencional que decompõe hidrotermicamente a biomassa pela água quente.

[012] Conforme mostrado na Figura 13, neste aparelho de decomposição hidrotérmica vertical, a biomassa (sólida) 11 é introduzida em um corpo 42 do aparelho a partir de um lado de fundo e movida até um lado superior por um parafuso de transferência 43 apresentado nele, e uma biomassa sólida (insolúvel na água quente) 17 é descarregada para fora a partir do lado superior.

[013] Por outro lado, a água quente pressurizada (daqui por diante também “água quente”) 15 é introduzida no corpo 42 do aparelho a partir do lado superior e posta em con-

tra-contato com a biomassa 11, e um efluente de água quente 16 é descarregado para fora a partir do lado de fundo. Portanto, no corpo 42 do aparelho, a temperatura é levada a cair gradualmente a partir do lado de introdução da água quente 15 (lado superior) na direção do lado de fundo (o lado de introdução da biomassa).

[014] A Figura 14 mostra o estado de decomposição de biomassa pela água quente.

[015] Conforme mostrado na Figura 14, a biomassa (matéria-prima de celulose) inclui a hemicelulose e uma lignina outra que a celulose. Especificamente, a hemicelulose tem uma estrutura tal que a celulose é enfeixada pela hemicelulose, e a lignina é ligada a ela.

[016] Após a decomposição hidrotérmica, a biomassa é dividida em um insolúvel em água quente (um sólido) e um solúvel em água quente.

[017] Portanto, o material de biomassa 11 é decomposto hidrotermicamente em uma faixa de temperaturas elevadas (de 180°C a 240°C) pela água quente pressurizada 15, e a hemicelulose é dissolvida e a lignina é também decomposta e dissolvida no lado da água quente. Consequentemente, a hemicelulose e semelhantes são dissolvidos no lado da água quente

[018] No estado de hemicelulose solubilizada em água quente depois de ser solubilizada em água quente, há o problema de que uma decomposição excessiva ocorre na faixa de temperaturas elevadas (de 180°C a 240°C).

[019] Ou seja, quando toda a hemicelulose é solubilizada imediatamente depois que o material de biomassa 11 é introduzido no corpo do aparelho e posto em contato com a água quente pressurizada 15, a hemicelulose solubilizada é imediatamente descarregada para fora como o efluente de água quente 16 devido ao efeito do contra-contato. Portanto, o tempo de decomposição excessiva é curto. Entretanto, quando o material de biomassa é levado a subir na água quente pressurizada 15 e solubilizado perto da posição em que o material de biomassa é descarregado como a biomassa sólida 17, o material de biomassa é posto em contato com a água quente de alta temperatura durante um longo tempo até que o material de biomassa seja descarregado do lado de fundo do aparelho como o efluente de

água quente 16. Portanto, a decomposição excessiva prossegue, e isto causa outro problema.

[020] Esta decomposição excessiva da hemicelulose diminui a produção de hemicelulose, que se torna uma matéria-prima do açúcar C5 e, assim, é desejável suprimir a decomposição excessiva da hemicelulose em um solúvel em água quente, aperfeiçoando-se assim a eficácia operacional da usina.

[021] Além disso, a imissão de um produto de decomposição excessiva em água quente inibe a fermentação do açúcar C5 e do álcool nas instalações no lado a jusante. Portanto, é necessário prevenir a geração do inibidor.

[022] A presente invenção foi obtida em vista dos problemas acima, e é um objeto da presente invenção prover um aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa que pode suprimir a decomposição excessiva da hemicelulose como um solúvel em água quente, em um processo de decomposição hidrotérmica de biomassa que pode separar um componente que inclui principalmente a celulose de um material de biomassa, um método de controle de temperatura e um sistema de produção de matéria-prima orgânica que usa um material de biomassa.

Solução para o Problema

[023] De acordo com um aspecto da presente invenção, um aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa que introduz um material de biomassa sólido a partir de um lado de um corpo de aparelho, introduz água quente pressurizada a partir do outro lado, de modo a decompôr hidrotérmicamente o material de biomassa enquanto põe o material de biomassa em contra-contato com a água quente pressurizada no corpo do aparelho, dissolve frações solúveis em água quente em água quente, descarrega a água quente pressurizada para fora a partir do lado do corpo do aparelho e descarrega o material de biomassa para fora a partir do outro lado, inclui: uma unidade de resfriamento de temperatura interna que faz cair rapidamente a temperatura depois de efetuar a decomposição hidrotérmica durante um determinado período de tempo; uma unidade de medição de temperatura que mede a temperatura interna; e um controlador que controla a temperatura interna de modo a ser

mantida a uma temperatura de resfriamento predeterminada pela unidade de resfriamento de temperatura interna com base no resultado de medição de temperatura obtido pela unidade de medição de temperatura.

[024] Vantajosamente, no aparelho de decomposição hidrotérmica da biomassa, a unidade de resfriamento de temperatura interna ajusta a temperatura para que esteja em uma faixa de queda de temperatura, na qual a temperatura é rapidamente levada a cair até a temperatura à qual frações solúveis em água quente não são decompostas de maneira excessiva, imediatamente após a conclusão da decomposição hidrotérmica.

[025] Vantajosamente, o aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa inclui uma unidade de manutenção de temperatura interna formada a partir do outro lado até o lado do corpo do aparelho de modo a manter a temperatura de alimentação da água quente pressurizada durante um determinado período de tempo.

[026] Vantajosamente, no aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa, a unidade de resfriamento de temperatura interna alimenta água fria de fora ou água fria obtida pela troca de calor da água quente descarregada do corpo do aparelho por um primeiro trocador de calor.

[027] Vantajosamente, no aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa, a unidade de manutenção de temperatura interna alimenta água quente de fora ou água quente obtida pela troca de calor da água quente descarregada do corpo do aparelho por um segundo trocador de calor.

[028] Vantajosamente, no aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa, a temperatura de alimentação da água quente pressurizada é uma temperatura predeterminada de 180°C a 240°C, a temperatura à qual as frações solúveis em água quente não são decompostas de maneira excessiva é de 140°C ou menos e a região de queda de temperatura é uma faixa de temperaturas na qual a temperatura é levada a cair da temperatura de alimentação da água quente pressurizada até 140°C ou menos.

[029] Vantajosamente, no aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa, o aparelho de decomposição hidrotérmica é um aparelho do tipo de gradiente ou do tipo verti-

cal.

[030] De acordo com outro aspecto da presente invenção, um sistema de produção de matéria-prima orgânica que usa um material de biomassa inclui: um aparelho de pré-processamento que pré-processa um material de biomassa; qualquer um dos aparelhos de decomposição hidrotérmica de biomassa descritos acima; um primeiro dispositivo de decomposição enzimática que processa, com uma enzima, celulose em uma biomassa sólida descarregada do aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa de modo a decompor a celulose em uma solução de açúcar que contém hexose com a enzima; e um dispositivo de fermentação que produz qualquer um do álcool, substitutos do petróleo e aminoácido por tratamento de fermentação, com a utilização de uma solução de açúcar obtida pelo primeiro dispositivo de decomposição enzimática.

[031] Vantajosamente, o sistema de produção de matéria-prima orgânica que usa um material de biomassa inclui: um segundo dispositivo de decomposição enzimática que processa, com uma enzima, hemicelulose em um efluente de água quente de modo a decompor a hemicelulose em uma solução de açúcar que contém pentose com a enzima; e um dispositivo de fermentação que produz qualquer um do álcool, substitutos do petróleo e aminoácido por tratamento de fermentação, com a utilização de uma segunda solução de açúcar obtida pelo segundo dispositivo de decomposição enzimática.

[032] Vantajosamente, o sistema de produção de matéria-prima orgânica que usa um material de biomassa inclui: um dispositivo de decomposição de ácido sulfúrico que decompõe, com ácido sulfúrico, um componente de hemicelulose em um efluente de água quente descarregado do aparelho de decomposição hidrotérmica para decompor o componente de hemicelulose em uma segunda solução de açúcar que contém pentose; e um segundo dispositivo de fermentação que produz qualquer um do álcool, substitutos do petróleo e aminoácido por tratamento de fermentação, com a utilização de uma segunda solução de açúcar obtida pelo dispositivo de decomposição de ácido sulfúrico.

[033] De acordo com a presente invenção, uma decomposição hidrotérmica é efetuada de maneira eficaz, e a temperatura é rapidamente levada a cair por uma unidade de

resfriamento de temperatura interna, que faz cair rapidamente a temperatura, suprimindo assim a decomposição excessiva da hemicelulose hidrotermicamente solubilizada, que consiste em frações solubilizadas. Por conseguinte, a decomposição excessiva da hemicelulose, que consiste em frações hidrotermicamente solubilizadas, é suprimida, e a diminuição da produção de açúcar C5 é reduzida.

Descrição Resumida dos Desenhos

[034] A Figura 1A é um diagrama conceptual de um aparelho de decomposição hidrotérmica de acordo com uma primeira modalidade da presente invenção e da distribuição de temperatura.

[035] A Figura 1B é um diagrama conceptual do aparelho de decomposição hidrotérmica de acordo com a primeira modalidade e da distribuição de temperatura.

[036] A Figura 2 é um diagrama conceptual de outro aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa de acordo com a primeira modalidade e da distribuição de temperatura.

[037] A Figura 3 é um diagrama conceptual de outro aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa de acordo com a primeira modalidade e da distribuição de temperatura.

[038] A Figura 4 é um diagrama conceptual de outro aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa de acordo com a primeira modalidade e da distribuição de temperatura.

[039] A Figura 5 é um diagrama de blocos de um sistema de controle de acordo com a modalidade da presente invenção.

[040] A Figura 6 é um fluxograma do controle.

[041] A Figura 7 é um diagrama esquemático de um aparelho de decomposição hidrotérmica de acordo com uma segunda modalidade da presente invenção. A Figura 8 é um diagrama esquemático de outro aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa de acordo com uma terceira modalidade da presente invenção.

[042] A Figura 9 é um diagrama esquemático de um sistema de produção de álcool

como um material orgânico que usa um material de biomassa de acordo com uma quarta modalidade da presente invenção.

[043] A Figura 10 é um diagrama esquemático de um sistema de produção de álcool como um material orgânico que usa um material de biomassa de acordo com uma quinta modalidade da presente invenção. A Figura 11 é um diagrama esquemático de outro sistema de produção de álcool como um material orgânico que usa um material de biomassa de acordo com a quinta modalidade.

[044] A Figura 12 mostra a relação entre a taxa de redução de xilose em um solúvel em água quente e o tempo de decomposição.

[045] A Figura 13 é um diagrama de padrão de um aparelho vertical de acordo com um exemplo convencional que decompõe hidrotermicamente biomassa pela água quente.

[046] A Figura 14 mostra o estado de decomposição da biomassa pela água quente.

Descrição das Modalidades

[047] Modalidades exemplares da presente invenção serão explicadas a seguir com referência aos desenhos anexos. A presente invenção não está limitada às modalidades. Além disto, os elementos constituintes das modalidades seguintes incluem os que podem ser facilmente supostos pelos versados na técnica ou que são substancialmente equivalentes.

Primeira modalidade

[048] Um aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa de acordo com uma modalidade da presente invenção é explicado com referência aos desenhos.

[049] A Figura 1A é um diagrama conceptual de um aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa de acordo com uma primeira modalidade da presente invenção e da distribuição de temperatura. A Figura 1B é um diagrama conceptual do aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa de acordo com a primeira modalidade e da distribuição de temperatura.

[050] Conforme mostrado na Figura 1A, o aparelho de decomposição hidrotérmica

de biomassa de acordo com a presente modalidade alimenta o material de biomassa sólido 11 de um lado de um corpo de aparelho 42 por um parafuso de transferência 43 e alimenta a água quente pressurizada 15 a partir do outro lado, para decompor hidrotermicamente o material de biomassa 11 enquanto leva o material de biomassa 11 até o contra-contato com a água quente pressurizada 15 no corpo de aparelho 42. Além disto, o aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa dissolve frações solúveis em água quente (componentes de hemicelulose) em água quente, descarrega a água quente pressurizada para fora a partir de um lado do corpo de aparelho 42 como um efluente de água quente 16 e descarrega a biomassa sólida (um insolúvel em água quente) 17 para fora a partir do outro lado. O aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa inclui uma unidade de resfriamento de temperatura interna que faz cair rapidamente a temperatura depois de efetuar a decomposição hidrotérmica por um determinado período de tempo, as unidades de medição T_1 a T_8 , que medem a temperatura interna, e um controlador 100, que controla a temperatura interna de modo que seja mantida a uma temperatura de resfriamento predeterminada pela unidade de resfriamento de temperatura interna com base nos resultados de medição de temperatura obtidos pelas unidades de medição de temperatura T_1 a T_8 .

[051] Na presente modalidade, o aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa inclui uma unidade de manutenção de temperatura interna, que ajusta a temperatura de modo que esteja em uma região de reação efetiva (uma região de decomposição hidrotérmica) A formada a partir do outro lado até o lado do corpo de aparelho 42 do aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa, na qual a temperatura de alimentação da água quente pressurizada 15 (180° a 240°C , tal como 200°C) é mantida durante um determinado período de tempo para provocar a decomposição hidrotérmica, de modo a se manter uma temperatura de reação hidrotérmica favorável.

[052] Na presente modalidade, a unidade de manutenção de temperatura interna alimenta a água quente 110 de fora, e a unidade de resfriamento de temperatura interna alimenta a água fria 111 de fora.

[053] Nos desenhos, o número de referência 100 denota o controlador, os sinais de

referência V_1 a V_6 denotam válvulas LIGA-DESLIGA, o sinal de referência P_1 denota uma bomba de alimentação de água quente e o sinal de referência P_2 denota uma bomba de alimentação de água fria.

[054] A temperatura de resfriamento predeterminada é uma temperatura à qual a hemicelulose como frações solúveis em água quente não é decomposta de maneira excessiva e, de preferência, é de 140°C ou menos, por exemplo.

[055] Por conseguinte, a unidade de resfriamento de temperatura interna forma uma região de queda de temperatura (uma região de supressão de decomposição excessiva da hemicelulose dissolvida) B pela queda rápida da temperatura da temperatura de reação hidrotérmica até a temperatura à qual a hemicelulose como frações solúveis em água quente não é decomposta de maneira excessiva (de 200°C a 140°C, por exemplo).

[056] A unidade de manutenção de temperatura interna mantém a região de reação efetiva (a região de decomposição hidrotérmica) A a uma temperatura predeterminada pela unidade de manutenção de temperatura interna. Além disto, a unidade de resfriamento de temperatura interna ajusta a temperatura de modo se formar a região de queda de temperatura (a região de supressão de decomposição excessiva da hemicelulose dissolvida) B, na qual a temperatura é levada a cair rapidamente até uma temperatura (de 140°C ou menos, por exemplo) à qual as frações solúveis em água quente não são decompostas de maneira excessiva (de 200°C a 140°C, por exemplo) imediatamente depois que estiverem fora da região de reação efetiva A, suprimindo-se assim a decomposição excessiva da hemicelulose solubilizada em água quente, que se torna uma fração solubilizada.

[057] Na presente modalidade, é apresentada a unidade de manutenção de temperatura interna. Entretanto, quando a temperatura no interior do aparelho é mantida constante durante um tempo predeterminado, a unidade de manutenção de temperatura interna não é necessária, e a instalação dela pode ser determinada de acordo com as características do aparelho.

[058] A Figura 5 é um diagrama de blocos de um sistema de controle de acordo com a modalidade da presente invenção, e a Figura 6 é um fluxograma do controle.

[059] O controlador 100 mostrado na Figura 1 é constituído por um microcomputador ou semelhante. Conforme mostrado na Figura 5, o controlador 100 inclui uma unidade de armazenamento 100a. A unidade de armazenamento 100a é constituída por uma RAM, uma ROM e semelhantes e armazena programas e dados.

[060] A unidade de armazenamento 100a armazena dados do material de biomassa 11 e da água quente pressurizada 15 para acionar o aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa. Com base nestes dados, por exemplo, a temperatura de alimentação do material de biomassa 11 é fixada em 100°C. A temperatura de alimentação da água quente pressurizada 15 é também fixada em 200°C, por exemplo. A região de reação efetiva (a região de decomposição hidrotérmica) A para efetuar a decomposição hidrotérmica é fixada em 200°C, idêntica à temperatura da água quente pressurizada 15, e o tempo de reação é fixado em um tempo predeterminado de 5 a 20 minutos. O tempo de reação é apropriadamente alterado de acordo com a espécie do material de biomassa. A região de queda de temperatura (a região de supressão de decomposição excessiva da hemicelulose dissolvida) B é fixada de modo que a temperatura seja levada a cair rapidamente de 180°C para 140°C. O controlador 100 é conectado com as unidades de medição de temperatura T_1 a T_8 , com as válvulas LIGA-DESLIGA V_1 a V_6 , com a bomba de alimentação de água quente P_1 e com a bomba de alimentação de água fria P_2 .

[061] Na presente modalidade, as válvulas LIGA-DESLIGA V_1 e V_2 alimentam a água quente 110, e as válvulas LIGA-DESLIGA V_3 a V_6 alimentam a água fria 111.

[062] O controlador 100 efetua o controle integrado das válvulas LIGA-DESLIGA V_1 a V_6 , da bomba de alimentação de água quente P_1 e da bomba de alimentação de água fria P_2 de acordo com os programas e dados armazenados na unidade de armazenamento 100a de antemão, com base nas informações sobre temperatura interna introduzidas das unidades de medição de temperatura T_1 a T_8 .

[063] Conforme mostrado na Figura 6, o controlador 100 alimenta a água quente pressurizada 15 e o material de biomassa 11 de modo a iniciar a decomposição hidrotérmica do material de biomassa 11, com base em um comando de partida de decomposição hidro-

térmica de biomassa (Etapa S1).

[064] Por conseguinte, o controlador 100 efetua o controle de ajuste da temperatura de decomposição hidrotérmica, que inclui o controle de temperatura para formar a região de reação efetiva (a região de decomposição hidrotérmica) A, na qual o material de biomassa 11 é hidrotérmicamente decomposto enquanto o material de biomassa 11 e a água quente pressurizada 15 são postos em contra-contato um com a outra no corpo de aparelho 42, e a temperatura de alimentação (200°C) da água quente pressurizada 15 é mantida durante um determinado período de tempo para provocar decomposição hidrotérmica, e o controle de temperatura para formar a região de queda de temperatura (a região de supressão de decomposição excessiva da hemicelulose dissolvida) B, na qual a temperatura é levada a cair rapidamente (de 200°C para 140°C, por exemplo) até uma temperatura à qual as frações solúveis em água quente não são decompostas de maneira excessiva (140°C, por exemplo), imediatamente depois que estiverem fora da região de reação efetiva A (Etapa S2).

[065] Quando a reação de decomposição hidrotérmica está completa, a alimentação do material de biomassa 11 e da água quente pressurizada 15 é interrompida de modo a se concluir a decomposição hidrotérmica (Etapa S3).

[066] Na Etapa S2, no controle de temperatura da região de queda de temperatura (a região de supressão de decomposição excessiva da hemicelulose dissolvida) B, o controlador 100 controla a quantidade de injeção da água fria 111 abrindo e fechando apropriadamente as válvulas LIGA-DESLIGA V_3 a V_6 para cada posição de injeção da água fria 111, de modo que o comprimento da região de queda de temperatura (a região de supressão de decomposição excessiva da hemicelulose dissolvida) B, isto é, o tempo restante de um solúvel em água quente na região de queda de temperatura B, seja reduzido ao mínimo.

[067] Na Etapa S2, quando o tempo de reação é curto ou a queda de temperatura é pequena, uma vez que o controle da região de reação efetiva (a região de decomposição hidrotérmica) A para efetuar a decomposição hidrotérmica é efetuado de maneira apropriado, a alimentação da água quente 110 pode não ser necessária quando uma determinada

temperatura puder ser mantida.

[068] Na instalação da unidade de manutenção de temperatura interna e da unidade de resfriamento de temperatura interna, que são unidades de ajuste de temperatura da presente invenção, quando a modelação do estado misto para a decomposição hidrotérmica no corpo do aparelho é efetuada, a idéia de um modelo de reator do tipo de tanque contínuo pode ser aplicada.

[069] No modelo de reator do tipo de tanque contínuo, uma característica de imisção é modelada praticamente em um estado com uma série de câmaras de imisção perfeitas pequenas que são conectadas em série.

[070] O número (N) de câmaras de imisção perfeitas se altera de acordo com as características do corpo de aparelho individual. Entretanto, quando o N de corpos de aparelho realmente instalados é determinado, é desejável instalar as unidades de manutenção de temperatura interna e as unidades de resfriamento de temperatura interna em um número maior do que N.

[071] Como métodos de ajuste de temperatura, podem ser exemplificados um método de ajuste direto de temperatura para alimentar diretamente refrigerante (água fria) 111 ou água quente 110, conforme mostrado na Figura 1A, e um método de ajuste indireto de temperatura que usa camisas de vários estágios 45a a 45f, conforme mostrado na Figura 1B.

[072] Quando a água quente 110 ou a água fria 111 é diretamente introduzida no corpo de aparelho 42, a concentração no corpo de aparelho 42 se altera, e assim é desejável usar o método de ajuste indireto de temperatura de modo a se evitar uma alteração na concentração.

[073] Desta maneira, na presente modalidade, uma temperatura idêntica à temperatura (200°C, por exemplo) para alimentar a água quente pressurizada 15 é mantida pela unidade de manutenção de temperatura interna pela execução do controle de temperatura pelo controlador 100, de modo que a temperatura interna se torne a temperatura determinada pela unidade de manutenção de temperatura interna e pela unidade de resfriamento

de temperatura interna, com base nos resultados de medição de temperatura obtidos pelas unidades de medição de temperatura T_1 a T_8 , efetuando-se assim a decomposição hidrotérmica de maneira eficaz. Para se suprimir a decomposição excessiva da hemicelulose solubilizada em água quente, que se torna uma fração solubilizada por decomposição hidrotérmica, imediatamente depois da conclusão da decomposição hidrotérmica, a unidade de resfriamento de temperatura interna resfria rapidamente a temperatura de modo a se formar a região de queda de temperatura (a região de supressão de decomposição excessiva da hemicelulose dissolvida) B, na qual a temperatura é levada a cair rapidamente da temperatura de decomposição hidrotérmica (200°C) até a temperatura à qual a decomposição excessiva não prossegue (140°C), permitindo-se assim suprimir de maneira considerável a decomposição excessiva da hemicelulose dissolvida. Por conseguinte, a diminuição da produção de açúcar C5 pode ser reduzida.

[074] A Figura 2 é um diagrama conceptual de outro aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa de acordo com a primeira modalidade e da distribuição de temperatura.

[075] Quando a água fria 111 ou a água quente 110 é alimentada de fora, a concentração no corpo 42 do aparelho é diluída.

[076] Portanto, na presente modalidade, conforme mostrado na Figura 2, quando a água fria é alimentada, uma parte da água quente pressurizada 15 pode ser descarregada do corpo 42 do aparelho e resfriada até uma temperatura predeterminada por um primeiro trocador de calor 112 para tornar-se a água fria 15b, que é então introduzida no corpo 42 do aparelho novamente por meio de uma linha de circulação L_2 . Uma parte da água quente 15 pode ser descarregada uma vez no lado de fora do corpo 42 do aparelho e ajustada a uma temperatura predeterminada por um segundo trocador de calor 113, e a água quente trocada termicamente 15a pode ser introduzida no corpo 42 do aparelho novamente por meio da linha de circulação L_1 .

[077] Por conseguinte, uma vez que não há alteração na concentração no corpo 42 do aparelho, a decomposição hidrotérmica pretendida pode ser efetuada.

[078] A Figura 3 é um diagrama conceptual de outro aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa de acordo com a primeira modalidade e da distribuição de temperatura. Na presente modalidade, conforme mostrado na Figura 3, a água quente pressurizada 15 é alimentada em quatro posições, de modo que a água quente 110 seja alimentada para a parte inferior do corpo 42 do aparelho, formando-se assim a região de reação efetiva (a região de decomposição hidrotérmica) A em quase toda a área do corpo 42 do aparelho. A água fria 111 é alimentada a partir de duas posições na parte inferior do corpo 42 do aparelho, formando-se assim a região de queda de temperatura (a região de supressão de decomposição excessiva da hemicelulose dissolvida) B. Consequentemente, uma parte da unidade de medição de temperatura T_1 pode ser omitida em comparação com o aparelho mostrado na Figura 1A, permitindo-se assim a diminuição da altura do tanque do corpo 42 do aparelho e a redução do corpo 42 do aparelho.

[079] A Figura 4 é um diagrama conceptual de outro aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa de acordo com a primeira modalidade e da distribuição de temperatura. Conforme mostrado na Figura 4, quando a temperatura da região de reação efetiva (a região de decomposição hidrotérmica) A é de 180°C ou mais elevada (200°C, por exemplo), a temperatura (200°C) da região de reação efetiva é mantida durante um tempo predeterminado, e em seguida podem ser providas uma primeira região de queda de temperatura B_1 , na qual a temperatura é levada a cair até 180°C, e uma segunda região de queda de temperatura B_2 , na qual a temperatura é resfriada até uma temperatura à qual a decomposição excessiva não ocorre (a temperatura é levada a cair de 180°C para 140°C) imediatamente depois.

[080] Isto é porque, por exemplo, quando o componente de hemicelulose é sacarificado em pentose, um tipo diferente de açúcar, como arabinose e xilose, por exemplo, pode dissolver-se a uma temperatura mais baixa que 200°C. Por conseguinte, os componentes de hemicelulose que se alteram para arabinose se dissolvem a uma temperatura baixa (180°C). Portanto, é possível ter-se uma configuração tal que estes componentes são dissolvidos primeiro a uma temperatura de cerca de 180°C, e em seguida os componentes de hemicelu-

lose que se alteram para xilose são dissolvidos a uma temperatura mais elevada (200°C).

[081] A hemicelulose dissolvida na água quente pressurizada 15 passa pela região de queda de temperatura (a região de supressão de decomposição excessiva da hemicelulose dissolvida) B, na qual a água quente pressurizada 15 escoar para baixo imediatamente após a dissolução dentro de um tempo curto, diminuindo-se assim a decomposição excessiva.

[082] Na presente invenção, a razão pela qual a temperatura é levada a cair para 140°C ou menos como a temperatura para suprimir a decomposição excessiva é explicada com referência ao gráfico da taxa de redução de xilose no solúvel em água quente mostrado na Figura 12.

[083] Conforme mostrado na Figura 12, a faixa de temperatura de 140°C ou mais é uma faixa na qual a hemicelulose, que é um componente solubilizado em água quente, é decomposta de maneira excessiva.

[084] Na Figura 12, um estado de decomposição com uma passagem de tempo da hemicelulose solubilizada em água quente a cada temperatura é confirmado pelo uso de água quente, em que a hemicelulose é dissolvida uma vez a partir da biomassa. Uma vez que a hemicelulose não pode ser medida diretamente, a Figura 9 mostra a taxa de diminuição depois que a hemicelulose é convertida em açúcar C5 (xilose).

[085] Conforme descrito acima, no estado de hemicelulose solubilizada depois de ser solubilizada em água quente (no chamada estado nu), uma vez que a decomposição excessiva ocorre em uma faixa de temperatura igual a ou mais elevada que 140°C, é necessário resfriar a hemicelulose rapidamente até 140°C ou menos, como na presente invenção.

[086] Se a temperatura de descarga do efluente de água quente 16 a ser descarregado do corpo do aparelho for tornada 140°C ou menos por resfriamento, o efluente de água quente 16 pode ser descarregado diretamente. Entretanto, por exemplo, o aparelho pode ter uma região de resfriamento gradual C, na qual o efluente de água quente 16 é gradualmente resfriado até cerca de 100°C a 120°C, por exemplo, e o efluente de água quente 16 é transferido para o processo seguinte.

[087] O tempo de reação no controle de temperatura da região de reação efetiva (a região de decomposição hidrotérmica) A é de preferência de 20 minutos ou menos, e mais preferivelmente de 5 a 15 minutos. Isto é porque, se a reação for efetuada durante um tempo longo, a hemicelulose dissolvida em água quente se acumula até aumentar a taxa do produto de decomposição excessiva, o que não é desejável.

[088] A uma pressão de reação, é desejável que uma pressão mais elevada em de 0,1 a 0,5 megapascal seja aplicada a uma pressão de água de vapor saturado a cada temperatura da temperatura de reação (180°C a 240°C) do corpo 42a do aparelho.

[089] De acordo com a presente invenção, a água quente pressurizada 15 e o material de biomassa 11 são postos em contra-contato mútuo, e o material de biomassa 11 é lavado pela água quente pressurizada 15 no lado de extremidade superior do qual a biomassa sólida 17 é descarregada. Mesmo quando o componente de decomposição excessiva está presente, a retirada do material de biomassa 11 para fora no estado sólido é reduzida pelo efeito de lavagem, purificando-se assim a biomassa sólida 17. Por conseguinte, pode ser obtida uma matéria-prima de hexose que dificilmente causa inibição da reação.

Segunda modalidade

[090] Um exemplo específico do aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa de acordo com a presente invenção é explicado com referência aos desenhos.

[091] A Figura 7 é um diagrama esquemático de um aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa de acordo com uma segunda modalidade.

[092] Conforme mostrado na Figura 7, um aparelho de decomposição hidrotérmica 41A de acordo com a presente modalidade inclui: um dispositivo de alimentação de biomassa 31, que alimenta o material de biomassa 11 sob uma pressão normal até sob uma pressão aumentada; e o aparelho de decomposição hidrotérmica 41A, que transporta gradualmente o material de biomassa 11 alimentado (na presente modalidade palha de trigo, por exemplo) do lado de extremidade inferior para dentro do corpo de aparelho vertical (daqui por diante, "corpo de aparelho") 42A pelo parafuso de transferência 43, alimenta a água quente pressurizada 15 do lado de extremidade superior diferente da posição de alimenta-

ção do material de biomassa 11 para dentro do corpo de aparelho 42A, decompõe hidrotérmicamente o material de biomassa 11 enquanto põe o material de biomassa 11 em contra-contato com a água quente pressurizada 15, e transfere um componente de lignina e um componente de hemicelulose para a água quente pressurizada 15 de modo a separar o componente de lignina e o componente de hemicelulose do material de biomassa 11. O aparelho de decomposição hidrotérmica 41A inclui também um dispositivo de descarregamento de biomassa 51, que descarrega a biomassa sólida 17 do lado de extremidade superior do corpo de aparelho 42A sob uma pressão aumentada até sob uma pressão normal. Na Figura 4, o número de referência 54 denota o líquido de desidratação e o número de referência 55 denota nitrogênio pressurizado.

[093] Com o uso do aparelho de decomposição hidrotérmica 41A, o material de biomassa 11 e a água quente pressurizada 15 são postos em contra-contato mútuo no aparelho. Consequentemente, a biomassa sólida 17, que inclui principalmente celulose, pode ser obtida transferindo-se um produto de reação secundário (componente de lignina e componente de hemicelulose) que não a reação hidrotérmica para gerar celulose (que se torna solução de hexose por sacarificação enzimática), que é um componente-alvo, na água quente pressurizada 15.

[094] Neste momento, uma camisa de temperatura, que é um aparelho de ajuste de temperatura do corpo de aparelho 42A, é dividida em uma série de elementos 45a a 45f constituídos por unidades de alimentação de meio de aquecimento 45a a 45d e por unidades de alimentação de meio de resfriamento 45e e 45f.

[095] O controle de temperatura para manter uma temperatura predeterminada (200C, por exemplo), com a água quente pressurizada 15 sendo alimentada, é então efetuado alimentando-se um meio de aquecimento a uma temperatura predeterminada nas unidades de alimentação de meio de aquecimento 45a a 45d, efetuando-se assim de maneira eficaz a decomposição hidrotérmica.

[096] Em seguida, o controle de temperatura é efetuado para fazer com que a temperatura caia rapidamente da temperatura de decomposição hidrotérmica (200°C) até uma

temperatura (140°C) à qual a decomposição excessiva não prossegue, pela alimentação de um meio de resfriamento a uma temperatura predeterminada nas unidades de alimentação de meio de resfriamento 45e e 45f, de modo a se suprimir a decomposição excessiva da hemicelulose solubilizada hidrotermicamente, que se transformou em frações solubilizadas devido ao meio de resfriamento. Portanto, a decomposição excessiva da hemicelulose, que é um componente solubilizado hidrotermicamente, é suprimida. Por conseguinte, a diminuição da produção de açúcar C5 é reduzida.

[097] Consequentemente, com a biomassa sólida 17, a celulose pode ser sacarificada de maneira eficaz de modo a se obter uma primeira solução de açúcar que contém hexose, permitindo-se assim que se produzam de maneira eficaz diversos materiais orgânicos (álcool, por exemplo) a partir da solução de açúcar.

[098] Por outro lado, o componente de hemicelulose no efluente de água quente 16 descarregado do aparelho de decomposição hidrotérmica 41A pode ser sacarificado de modo a se obter uma segunda solução de açúcar que contém pentose, permitindo-se assim que se produzam de maneira eficaz diversos materiais orgânicos (álcool, por exemplo) a partir da solução de açúcar.

[099] Na presente modalidade, embora o material de biomassa 11 seja alimentado a partir do lado de extremidade inferior, a presente invenção não está limitada a isso. Inversamente, o material de biomassa 11 pode ser alimentado a partir do lado de extremidade superior. Neste momento, a água quente pressurizada 15 é alimentada a partir do lado de extremidade inferior.

[0100] O dispositivo de alimentação de biomassa 31 que alimenta a biomassa sob uma pressão normal até sob uma pressão aumentada inclui uma unidade de bomba, tal como uma bomba de pistão ou uma bomba de pasta semi-fluida.

[0101] Na presente modalidade, o aparelho de decomposição hidrotérmica 41A é um aparelho vertical, conforme mostrado na Figura 4. Entretanto, a presente invenção não está limitada a ele, e um aparelho de decomposição hidrotérmica do tipo de gradiente e do tipo horizontal pode ser utilizado.

[0102] A razão pela qual o aparelho de decomposição hidrotérmica é do tipo de gradiente ou do tipo vertical é que o gás gerado na reação de decomposição hidrotérmica e o gás introduzido em uma matéria-prima podem escapar rapidamente do aparelho acima, o que é preferível. Além disto, uma vez que o produto da decomposição é descarregado pela água quente pressurizada 15, a concentração do produto descarregado aumenta a partir do lado superior na direção do lado inferior, o que é preferível em vista da eficácia de descarregamento.

[0103] No aparelho de decomposição hidrotérmica 41A de acordo com a presente modalidade, pela instalação do parafuso de transferência 43, (1) o sólido pode ser transportado em um contrafluxo de sólido-líquido; (2) a separação sólido-líquido torna-se possível no corpo de aparelho 42A; e (3) a mistura da água quente pressurizada 15 sobre a superfície do sólido e no interior do sólido prossegue no corpo de aparelho 42A para facilitar a reação.

[0104] Além disso, pode ser apresentado no parafuso de transferência um raspador (não mostrado) que impede o entupimento do orifício de descarga do efluente de água quente 16.

[0105] Na presente modalidade, uma camisa de temperatura foi explicada como um exemplo do aparelho de ajuste de temperatura. Entretanto, a presente invenção não está limitada a ele e, por exemplo, pode ser apropriadamente usado um método de injeção de água fria ou um método de ajuste de temperatura por troca de calor externa.

Terceira modalidade

[0106] Outra modalidade do aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa de acordo com a presente invenção é explicada com referência aos desenhos.

[0107] A Figura 8 é um diagrama esquemático de outro aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa de acordo com uma terceira modalidade.

[0108] Conforme mostrado na Figura 8, o aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa 41B de acordo com a presente modalidade inclui: um dispositivo de alimentação de biomassa 60, que alimenta o material de biomassa 11 (palha de trigo, por exemplo) sob uma pressão normal até sob uma pressão aumentada; e o aparelho de decomposição

hidrotérmica 41B, que move gradualmente o material de biomassa 11 ou de um ou do outro lado de extremidade das extremidades superior e inferior (a extremidade inferior na presente modalidade) em um corpo de aparelho vertical (daqui por diante, “corpo de aparelho”) 42B em um estado de consolidação, alimenta a água quente pressurizada 15 de uma extremidade (na presente modalidade, o lado de extremidade superior) diferente da posição de alimentação do material de biomassa 11 para dentro do corpo de aparelho 42B, decompõe hidrotermicamente o material de biomassa 11 enquanto põe o material de biomassa 11 em contra-contato com a água quente pressurizada 15, e transfere um componente de lignina e um componente de hemicelulose para a água quente pressurizada 15, de modo a separar o componente de lignina e o componente de hemicelulose do material de biomassa 11. O aparelho de decomposição hidrotérmica 41B inclui também o dispositivo de descarregamento de biomassa 51, que descarrega a biomassa sólida 17 do lado de posição de alimentação da água quente pressurizada 15 do corpo de aparelho 42B sob uma pressão aumentada até sob uma pressão normal. Os sinais de referência V_{11} a V_{15} denotam válvulas LIGA-DESLIGA.

[0109] O dispositivo de alimentação de biomassa 60, que alimenta a biomassa sob uma pressão normal até sob uma pressão aumentada, inclui uma unidade de bomba, tal como uma bomba de pistão ou uma bomba de pasta semi-fluida.

[0110] Na presente modalidade, no interior do corpo de aparelho 42B, é apresentada uma unidade de agitação fixa 61, que agita o material de biomassa 11 em um estado de consolidação, no chamado fluxo de bujão, de modo que o material de biomassa 11 a ser alimentado seja agitado por uma função de agitação, quando movido em sentido axial.

[0111] Pela instalação da unidade de agitação fixa 61, a mistura da água quente pressurizada 15 sobre a superfície do sólido e no interior do sólido prossegue no corpo de aparelho 42A para facilitar a reação.

[0112] Na presente invenção, quanto ao fluxo da água quente pressurizada 15 e do material de biomassa 11 no corpo de aparelho 42B do aparelho de decomposição hidrotérmica 41B, é desejável que o material de biomassa 11 e a água quente pressurizada 15 se-

jam agitados e levados a fluir no chamado contra-fluxo, no qual o material de biomassa 11 e a água quente pressurizada 15 são postos em contra-contato mútuo.

[0113] O aparelho de decomposição hidrotérmica 41B efetua a decomposição hidrotérmica em um fluxo de bujão. Portanto, sua configuração é simples, e o material de biomassa sólido 11 se move em sentido paralelo ao eixo geométrico central do cano. Entrementes, a água quente pressurizada 15 (água quente, líquido que dissolve produtos decompostos) se move enquanto embebida entre as partículas sólidas por um contra-fluxo de encontro ao sólido.

[0114] Além disso, no fluxo de bujão, pode ser obtido um fluxo uniforme da água quente pressurizada 15. Isto é porque, quando o material de biomassa sólido 11 é decomposto pela água quente pressurizada 1, o produto decomposto se dissolve no lado da água quente e, assim, a viscosidade em volta da parte decompostas aumenta, de modo que a água quente se move preferencialmente até em volta da parte não decomposta, provocando então a decomposição da parte não decomposta. Esta configuração produz um fluxo uniforme de água quente, obtendo-se assim uma decomposição uniforme.

[0115] No corpo de aparelho 42B, devido à resistência da parede de cano interna do corpo de aparelho 42B no aparelho de decomposição hidrotérmica 41B, a densidade sólida no lado de saída do material de biomassa 11 é reduzida em comparação com a existente no lado de entrada do material de biomassa 11. Além disto, a proporção da biomassa sólida 17 diminui devido à decomposição, de modo a se aumentar a razão da água quente pressurizada 15. Consequentemente, o tempo de retenção de líquido aumenta, provocando a decomposição excessiva dos componentes decompostos no líquido. Portanto, é apresentada pelo menos a unidade de agitação fixa 61.

[0116] Neste momento, uma camisa de temperatura, que é um aparelho de ajuste de temperatura do corpo de aparelho 41A, é dividida em uma série de elementos de 45a a 45f constituídos pelas unidades de alimentação de meio de aquecimento 45a a 45d como uma unidade de manutenção de temperatura interna e pelas unidades de alimentação de meio de resfriamento 45e e 45f como uma unidade de resfriamento de temperatura interna.

[0117] O controle de temperatura para manter uma temperatura predeterminada (200°C, por exemplo), com a água quente pressurizada 15 sendo alimentada, é então efetuado por um controlador que não é mostrado, pela alimentação de um meio de aquecimento a uma temperatura predeterminada nas unidades de alimentação de meio de aquecimento 45a a 45d, efetuando-se assim de maneira eficaz a decomposição hidrotérmica.

[0118] Em seguida, o controle de temperatura é efetuado, pelo controlador, para fazer cair rapidamente a temperatura da temperatura de decomposição hidrotérmica (200°C) até uma temperatura (140°C) à qual a decomposição excessiva não prossegue, pela alimentação de um meio de resfriamento a uma temperatura predeterminada nas unidades de alimentação de meio de resfriamento 45e e 45f, de modo a se suprimir a decomposição excessiva da hemicelulose solubilizada hidrotérmicamente, que se transformou em frações solubilizadas devido ao meio de resfriamento. Portanto, a decomposição excessiva da hemicelulose, que é um componente solubilizado hidrotérmicamente, é suprimida. Por conseguinte, pode ser reduzida a diminuição da produção de açúcar C5.

[0119] Na presente modalidade, a camisa de temperatura foi explicada como um exemplo do aparelho de ajuste de temperatura. Entretanto, a presente invenção não está limitada a ele e, por exemplo, pode ser apropriadamente usado um método de injeção de água fria ou um método de ajuste de temperatura por troca de calor externa.

Quarta modalidade

[0120] Um sistema de produção de álcool, que é um material orgânico, que utiliza um material de biomassa de acordo com uma quarta modalidade da presente invenção, é explicado com referência aos desenhos.

[0121] A Figura 9 é um diagrama conceptual de um sistema de produção de material orgânico que usa o material de biomassa de acordo com a presente modalidade.

[0122] Conforme mostrado na Figura 9, um sistema de produção de álcool 10A que usa o material de biomassa de acordo com a presente modalidade inclui um dispositivo de pré-processamento 12, que efetua, por exemplo, a moagem do material de biomassa 11, o aparelho de decomposição hidrotérmica 41A mostrado na Figura 7, que efetua a decompo-

sição hidrotérmica do material de biomassa, enquanto põe o produto moído 13 da biomassa pré-processada em contra-contato com a água quente pressurizada 15, para transferir o componente de lignina e o componente de hemicelulose para a água quente pressurizada 15, separando-se assim o componente de lignina e o componente de hemicelulose da biomassa sólida, um primeiro dispositivo de decomposição enzimática 191, que processa a celulose na biomassa sólida 17 descarregada do aparelho de decomposição hidrotérmica 41A com enzima para decompor a celulose em uma solução de açúcar que contém hexose por uma primeira enzima (celulose) 18-1, um primeiro fermentador de álcool 21-1, que produz álcool (etanol na presente modalidade) por tratamento de fermentação com o uso de uma primeira solução de açúcar (hexose) 20-1 obtida pelo primeiro dispositivo de decomposição enzimática 19-1, e uma primeira refinaria 25-1, que refina um primeiro licor de fermentação de álcool 22-1 de modo a separar o primeiro licor de fermentação de álcool 22-1 em etanol 23, que é um produto desejado, e um resíduo 24-1.

[0123] De acordo com a presente invenção, no aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa 41A, 41B, conforme mostrado nas Figuras 7 e 8, o componente de lignina e o componente de hemicelulose são transferidos para a água quente pressurizada 15 no lado de líquido pela adoção de um contra-fluxo, de modo que a celulose permaneça na biomassa sólida 17 no lado de sólido, obtendo-se assim a primeira solução de açúcar (hexose) 20-1 pelo primeiro aparelho de decomposição enzimática 19-1 para sacarificação enzimática.

[0124] Por conseguinte, pode ser estabelecido um processo de fermentação de acordo com a hexose (fermentação de acordo com um produto final: na presente modalidade, o etanol 23 é obtido devido à fermentação com o uso do primeiro fermentador de álcool 21-1).

[0125] Na presente modalidade, o etanol de álcool é exemplificado como o produto a ser obtido pelo tratamento de fermentação. Entretanto, a presente invenção não está limitado a ele, e substitutos do petróleo, que se tornam matérias-primas de produtos químicos, ou aminoácido, que se torna um material alimentício/de alimentação que não o álcool, po-

dem ser obtidos pelo fermentador.

[0126] Diversos materiais, tais como LPG, combustível automotor, combustível para jatos, petróleo de querosene, óleo diesel, diversos óleos pesados, gás de combustível, nafta, glicol de etileno como produto de decomposição de nafta, amina de etanol, etoxilato de álcool, polímero de cloreto de vinil, alumínio de alquila, PVA, emulsão de acetato de vinil, poliestireno, polietileno, polipropileno, policarbonato, resina de MMA, nylon e poliéster, podem ser produzidos de maneira eficaz como um produto químico a partir de uma solução de açúcar. Portanto, a solução de açúcar derivada da biomassa pode ser usada de maneira eficaz como substituto de produtos químicos derivados do óleo cru, que é um combustível que se esgota, e como uma matéria-prima para produzir os substitutos.

Quinta modalidade

[0127] Um sistema de produção de álcool, que é um material orgânico, que usa um material de biomassa de acordo com uma quinta modalidade da presente invenção, é explicado com referência aos desenhos.

[0128] A Figura 10 é um diagrama conceptual de um sistema de produção de álcool, que é um material orgânico, que usa o material de biomassa de acordo com a presente modalidade.

[0129] Conforme mostrado na Figura 10, um sistema de produção de álcool 10B, que usa o material de biomassa de acordo com a presente modalidade, inclui um segundo dispositivo de decomposição enzimática 19-2, que processa um componente de hemicelulose transferido para o efluente de água quente 16 descarregado do aparelho de decomposição hidrotérmica 41A com enzima, de modo a decompor o componente de hemicelulose em uma segunda solução de açúcar 20-2 que contém pentose, no sistema de produção de álcool 10A mostrado na Figura 9.

[0130] Dois dispositivos de decomposição enzimática, dois fermentadores de álcool e duas refinarias (um primeiro dispositivo de decomposição enzimática 19-1 e um segundo dispositivo de decomposição enzimática 19-2, um primeiro fermentador de álcool 21-1 e um segundo fermentador de álcool 21-2 e uma primeira refinaria 25-1 e uma segunda refinaria

25-2) são apresentados separadamente. O etanol 23 é obtido pela execução de um processo de decomposição enzimática, um processo de fermentação de álcool e um processo de refino de acordo com a primeira solução de açúcar (hexose) 20-1 e a segunda solução de açúcar (pentose) 20-2.

[0131] Na presente modalidade, depois que um segundo licor de fermentação de álcool 22-2 é obtido pelo processo de fermentação executado pelo segundo fermentador de álcool 21-2 com o uso da segunda solução de açúcar (pentose) 20-2 obtida pelo segundo dispositivo de decomposição enzimática 19-2 com o uso da segunda enzima 18-2, o etanol 23 pode ser produzido pela segunda refinaria 25-2. O número de referência 24-2 denota um resíduo.

[0132] O efluente de água quente não é sempre processado em sistemas separados, e diversas alterações podem ser feitas de modo que, por exemplo, um processo de acordo com o dispositivo de decomposição enzimática seja tornado comum, um processo de acordo com o fermentador de álcool seja tornado comum ou um processo de acordo com a refinaria seja tornado comum.

[0133] A Figura 11 é um diagrama conceptual de um sistema de produção de álcool, que é um material orgânico, que usa um material de biomassa de acordo com uma modificação da presente modalidade.

[0134] Conforme mostrado na Figura 11, no sistema de produção de álcool 10A mostrado na Figura 9, um sistema de produção de álcool 10C de acordo com a presente modalidade inclui um dispositivo de decomposição de ácido sulfúrico 73, que descarrega a água quente pressurizada 15, para a qual o componente de lignina e o componente de hemicelulose são transferidos, no lado de fora como o efluente de água quente 16, alimenta o ácido sulfúrico 71 para o efluente de água quente 16 e decompõe o componente de hemicelulose no efluente de água quente 16 com ácido sulfúrico de modo a decompor o componente de hemicelulose na segunda solução de açúcar 20-2 que contém pentose, o segundo fermentador de álcool 21-2, que produz álcool (etanol na presente modalidade) pelo tratamento de fermentação com o uso da segunda solução de açúcar obtida (pentose) 20-2, e a

segunda refinaria 25-2, que refina o segundo licor de fermentação de álcool 22-2 de modo a separar o segundo licor de fermentação de álcool 22-2 no etanol 23, que é um produto desejado, e em um segundo resíduo 24-2.

[0135] Na presente modalidade, o etanol 23 pode ser produzido pelo tratamento de fermentação com o uso da segunda solução de açúcar (pentose) 20-2 obtida pelo dispositivo de decomposição de ácido sulfúrico 73.

[0136] As condições de decomposição para o dispositivo de decomposição de ácido sulfúrico na presente invenção são tais que a concentração de ácido sulfúrico seja de 0,1% a 5% em peso, de preferência de 1% a 4% em peso, a temperatura de decomposição seja de 100°C a 140°C, de preferência de cerca de 120°C e o tempo de decomposição seja de 30 minutos a 3 horas, de preferência de cerca de 1 hora. Isto é porque, se as condições de decomposição estiverem fora destas faixas, uma decomposição favorável da hemicelulose não pode ser efetuada.

[0137] Convencionalmente, quando o material de biomassa é diretamente decomposto com ácido sulfúrico, o processo de decomposição é executado a uma temperatura tão elevada quanto cerca de 180°C durante cerca de 10 minutos, usando-se 1% em peso de ácido sulfúrico. Entretanto, uma vez que o ácido sulfúrico atua como um inibidor no momento da sacarificação enzimática da celulose no lado a jusante, a produção de hexose diminui.

[0138] Por outro lado, na presente invenção, no aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa 41A, o componente de celulose é levado a permanecer na biomassa sólida 17 de antemão, para processar o efluente de água quente 16 que contém o componente de hemicelulose transferido para o lado da água quente pressurizada 15, com o ácido sulfúrico em uma condição de baixa temperatura. Portanto, a estrutura das instalações de ácido sulfúrico pode ser simplificada, e a proporção de uso de ácido sulfúrico pode ser consideravelmente suprimida (para 0,6 a 0,9 vezes a proporção de uso convencional de ácido sulfúrico). Consequentemente, a proporção de descarte (tratamento com gesso) de ácido sulfúrico é reduzida, permitindo-se assim que se reduza o tamanho da instalação para recuperar e separar o ácido sulfúrico e se reduzam as instalações.

[0139] Uma vez que a decomposição com o uso de ácido sulfúrico pode ser efetuada a uma temperatura tão baixa quanto 140C ou mais baixa, qualquer instalação resistente ao calor convencional para alta temperatura (180C) não é necessária, permitindo-se assim que se reduza o custo das instalações.

[0140] De acordo com a presente invenção, no aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa 41A (41B), pela adoção do contra-fluxo, a celulose permanece na biomassa sólida 17 no lado de sólido, e o primeiro dispositivo de decomposição enzimática 19-1 para sacarificação enzimática obtém a primeira solução de açúcar (hexose) 20-1, e na água quente pressurizada 15 no lado de líquido, o componente de hemicelulose dissolvido na água quente pressurizada 15 é separado como o efluente de água quente 16. O segundo dispositivo de decomposição enzimática 19-2 para sacarificação enzimática ou o segundo dispositivo de decomposição de ácido sulfúrico 73 obtém a segunda solução de açúcar (pentose) 20-2 separadamente. Portanto, ambas as soluções de açúcar podem ser separadas e sacarificadas de maneira eficaz, respectivamente. O processo de fermentação de acordo com a hexose e a pentose (fermentação de acordo com o produto final: fermentação de etanol, por exemplo) pode ser estabelecido.

[0141] Conforme descrito acima, pela adoção de contra-fluxo no aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa 41A (41B), o produto de reação secundário, que se torna um inibidor na reação de sacarificação enzimática para obtenção de hexose, e o componente de lignina solúvel na água quente pressurizada são transferidos para o lado da água quente pressurizada 15. Portanto, pode ser obtida a biomassa sólida 17 à base de celulose, aperfeiçoando-se assim a produção de hexose por sacarificação na reação de sacarificação subsequente.

[0142] Por outro lado, o componente de hemicelulose contido no efluente de água quente 16 separado é sacarificado no segundo dispositivo de decomposição enzimática 19-2, permitindo-se assim a obtenção da solução de açúcar que contém pentose.

[0143] Com o uso de um fermento ou semelhante adequado para a hexose e a pentose, respectivamente, o etanol 23 pode ser obtido de maneira eficaz e individualmente

por fermentação.

[0144] Além disso, no momento da reação hidrotérmica no aparelho de reação, são apresentadas a região de reação efetiva (a região de decomposição hidrotérmica) A formada a partir do outro lado até o lado do corpo de aparelho 42, na qual a temperatura de alimentação da água quente pressurizada 15 (180°C a 240°C, como 200°C, por exemplo) é mantida durante um determinado período de tempo para provocar a decomposição hidrotérmica, e a região de queda de temperatura (a região de supressão de decomposição excessiva da hemicelulose dissolvida) B, na qual a temperatura é levada a cair rapidamente (de 200°C para 140°C, por exemplo) até uma temperatura (140°C, por exemplo) na qual as frações solúveis na água quente não são decompostas de maneira excessiva, imediatamente depois que estiverem fora da região de reação efetiva A. Consequentemente, a decomposição excessiva da hemicelulose é suprimida, e assim pode ser suprimida a diminuição da produção de açúcar C5.

[0145] Conforme descrito acima, de acordo com a presente invenção pode ser apresentado um sistema de produção de material orgânico que usa um material de biomassa, que separa o componente à base de celulose e o componente de hemicelulose transferidos para a água quente pressurizada, suprime a decomposição excessiva da hemicelulose, de modo a permitir a produção eficaz da solução de açúcar (uma solução de hexose e uma solução de pentose) adequada para os respectivos componentes, e pode produzir de maneira eficaz diversos materiais orgânicos (álcool, substitutos do petróleo ou aminoácido, por exemplo) a partir da solução de açúcar.

Aplicabilidade Industrial

[0146] Conforme descrito acima, o aparelho de decomposição hidrotérmica da presente invenção separa um componente, que inclui principalmente celulose, de um material de biomassa e produz uma solução de açúcar. Além disto, diversos materiais orgânicos (álcool, substitutos do petróleo ou aminoácido, por exemplo) podem ser produzidos de maneira eficaz a partir da solução de açúcar.

Lista de Sinais de Referência

- 11 material de biomassa
- 12 dispositivo de pré-processamento
- 13 produto moído da biomassa
- 15 água quente pressurizada
- 16 efluente de água quente
- 17 biomassa sólida
- 18 enzima
- 19-1 primeiro dispositivo de decomposição
enzimática
- 19-2 segundo dispositivo de decomposição
enzimática
- 20-1 primeira solução de açúcar (hexose)
- 20-2 segunda solução de açúcar (pentose)
- 23 etanol
- 41A, 41B aparelho de decomposição
hidrotérmica
- 42 corpo de aparelho
- 43 parafuso de transferência
- 45a a 45f camisa de vários estágios
- 100 controlador
- 110 água quente
- 111 água fria

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa que introduz um material de biomassa sólido a partir de um lado de um corpo de aparelho, introduz água quente pressurizada a partir do outro lado, de modo a decompor hidrotermicamente o material de biomassa enquanto põe o material de biomassa em contra-contato com a água quente pressurizada no corpo do aparelho, dissolve as frações solúveis em água quente na água quente, descarrega a água quente pressurizada para fora a partir do lado do corpo do aparelho, e descarrega o material de biomassa para fora a partir do outro lado, o aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa **CARACTERIZADO** por compreender:

uma unidade de resfriamento de temperatura interna que faz cair rapidamente a temperatura depois de efetuar a decomposição hidrotérmica durante um determinado período de tempo;

uma unidade de medição de temperatura que mede a temperatura interna; e

um controlador que controla a temperatura interna de modo a ser mantida a uma temperatura de resfriamento predeterminada pela unidade de resfriamento de temperatura interna com base no resultado de medição de temperatura obtido pela unidade de medição de temperatura.

2. Aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de resfriamento de temperatura interna ajusta uma temperatura para que esteja em uma região de queda de temperatura, na qual a temperatura é levada a cair rapidamente até uma temperatura à qual as frações solúveis em água quente não são decompostas de maneira excessiva, imediatamente depois da conclusão da decomposição hidrotérmica.

3. Aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **CARACTERIZADO** por compreender uma unidade de manutenção de temperatura interna formada a partir do outro lado até o lado do corpo de aparelho para manter uma temperatura de alimentação da água quente pressurizada durante um determinado período de tempo.

4. Aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de resfriamento de temperatura interna introduz água fria de fora ou água fria obtida pela troca de calor da água quente descarregada do corpo de aparelho por um primeiro trocador de calor.

5. Aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de manutenção de temperatura interna introduz água quente de fora ou água quente obtida pela troca de calor da água quente descarregada do corpo de aparelho por um segundo trocador de calor.

6. Aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que

uma temperatura de alimentação da água quente pressurizada é uma temperatura predeterminada de 180°C a 240°C,

uma temperatura à qual as frações solúveis em água quente não são decompostas de maneira excessiva é de 140°C ou menos, e

a região de queda de temperatura é uma faixa de temperaturas na qual a temperatura é levada a cair da temperatura para alimentar a água quente pressurizada até 140°C ou menos.

7. Aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o aparelho de decomposição hidrotérmica é um aparelho do tipo de gradiente ou um aparelho do tipo vertical.

8. Sistema de produção de matéria-prima orgânica que usa um material de biomassa, o sistema **CARACTERIZADO** por compreender:

um aparelho de pré-processamento que pré-processa um material de biomassa;

o aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 7;

um primeiro dispositivo de decomposição enzimática que processa, com uma enzima, celulose em uma biomassa sólida descarregada do aparelho de decomposição hidrotérmica de biomassa de modo a decompor a celulose em uma solução de açúcar que con-

tém hexose com a enzima; e

um dispositivo de fermentação que produz qualquer um do álcool, substitutos do petróleo e aminoácido por tratamento de fermentação, com a utilização de uma solução de açúcar obtida pelo primeiro dispositivo de decomposição enzimática.

9. Sistema de produção de matéria-prima orgânica que usa um material de biomassa, de acordo com a reivindicação 8, o sistema **CARACTERIZADO** por compreender:

um segundo dispositivo de decomposição enzimática que processa, com uma enzima, hemicelulose em um efluente de água quente de modo a decompor a hemicelulose em uma solução de açúcar que contém pentose com a enzima; e

um dispositivo de fermentação que produz qualquer um do álcool, substitutos do petróleo e aminoácido por tratamento de fermentação, com a utilização de uma segunda solução de açúcar obtida pelo segundo dispositivo de decomposição enzimática.

10. Sistema de produção de matéria-prima orgânica que usa um material de biomassa, de acordo com a reivindicação 8, o sistema **CARACTERIZADO** por compreender:

um dispositivo de decomposição de ácido sulfúrico que decompõe, com ácido sulfúrico, um componente de hemicelulose em um efluente de água quente descarregado do aparelho de decomposição hidrotérmica para decompor o componente de hemicelulose em uma segunda solução de açúcar que contém pentose; e

um segundo dispositivo de fermentação que produz qualquer um do álcool, substitutos do petróleo e aminoácido por tratamento de fermentação, com a utilização de uma segunda solução de açúcar obtida pelo dispositivo de decomposição de ácido sulfúrico.

FIG.1A

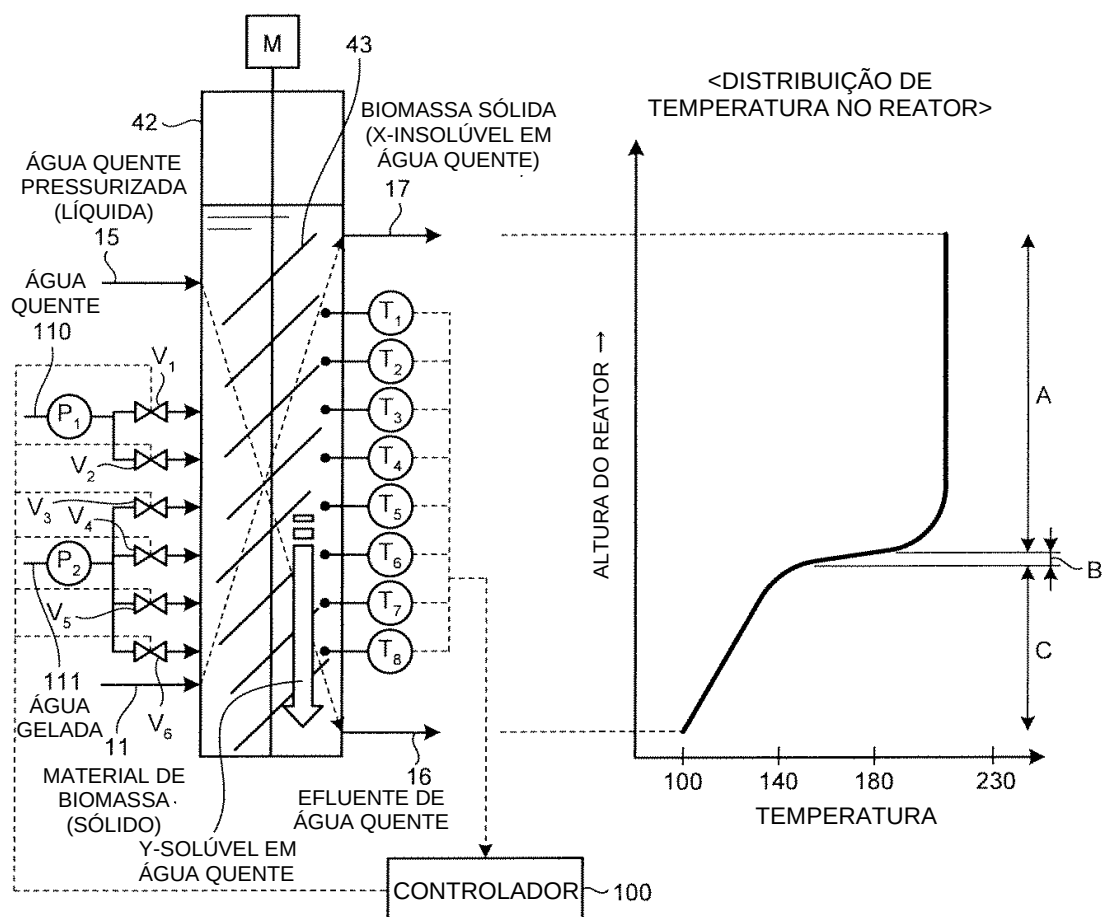


FIG.1B

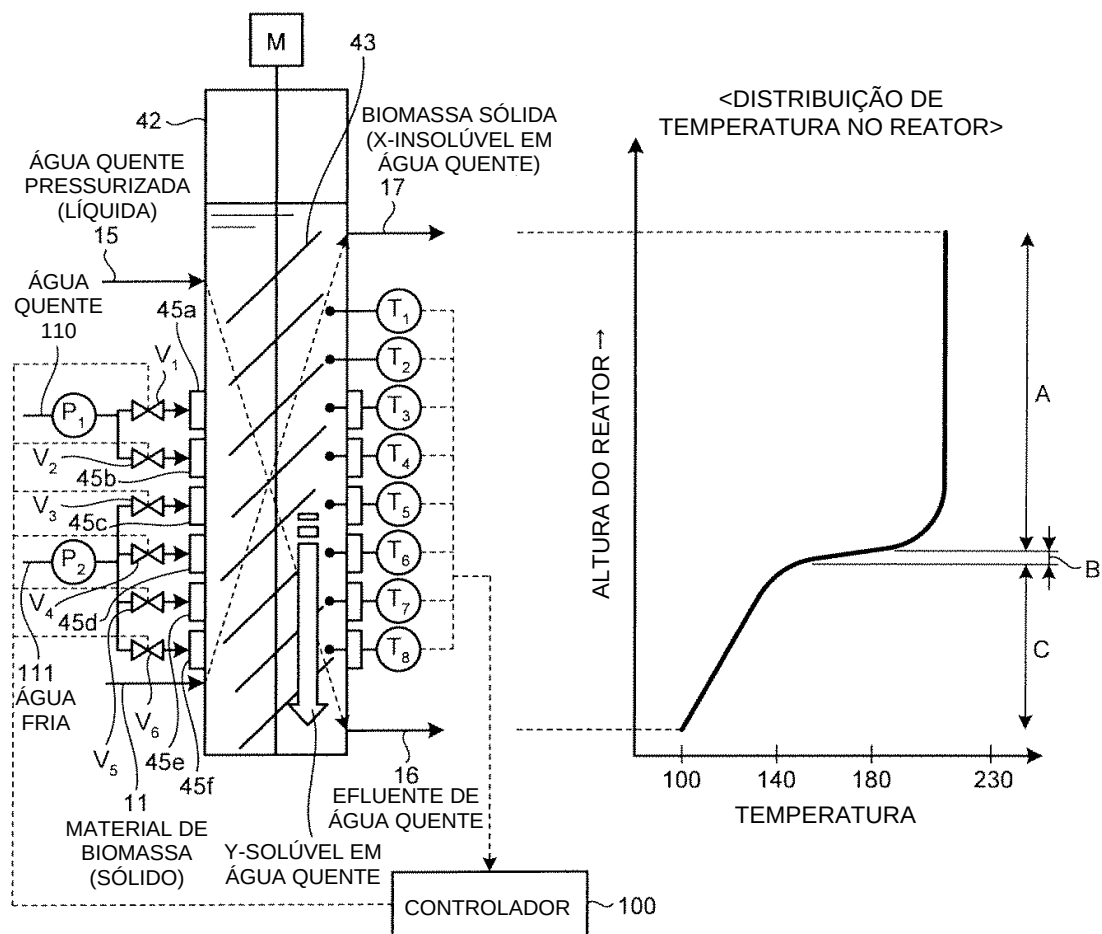


FIG.2

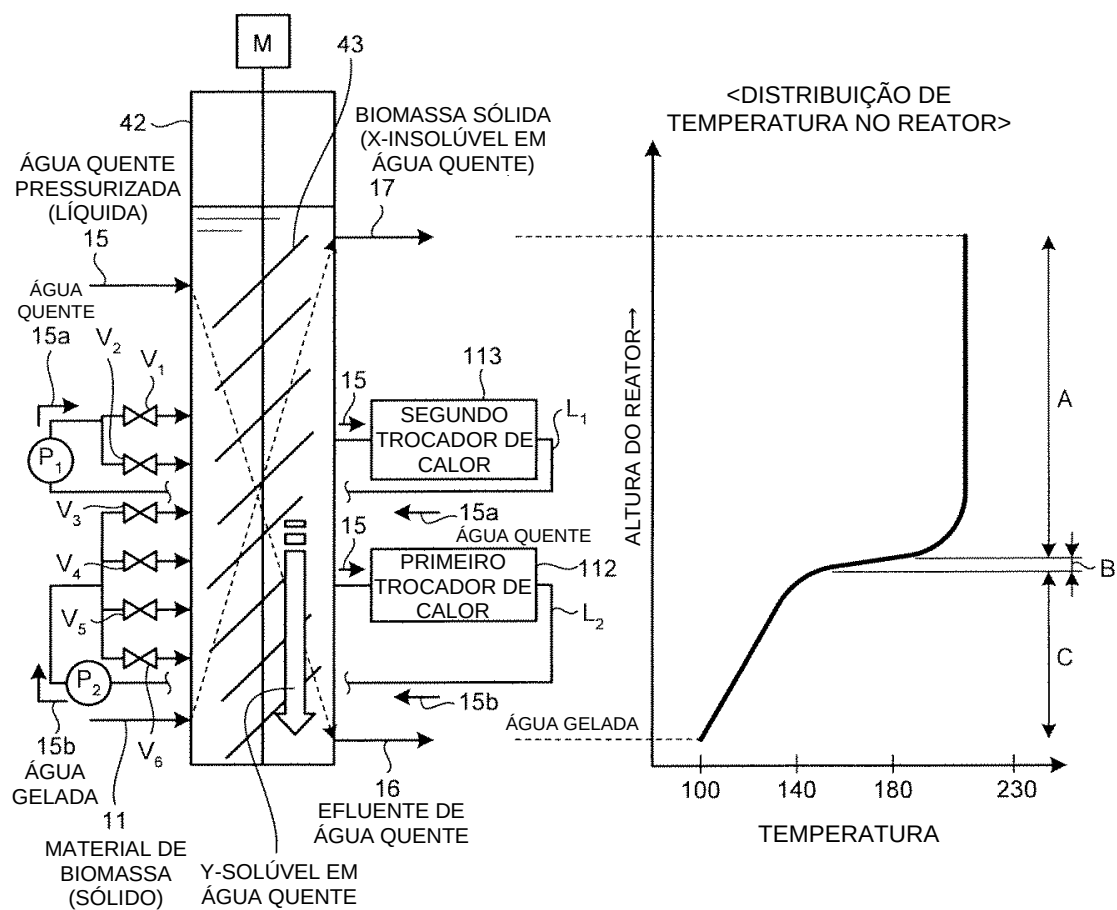


FIG.3

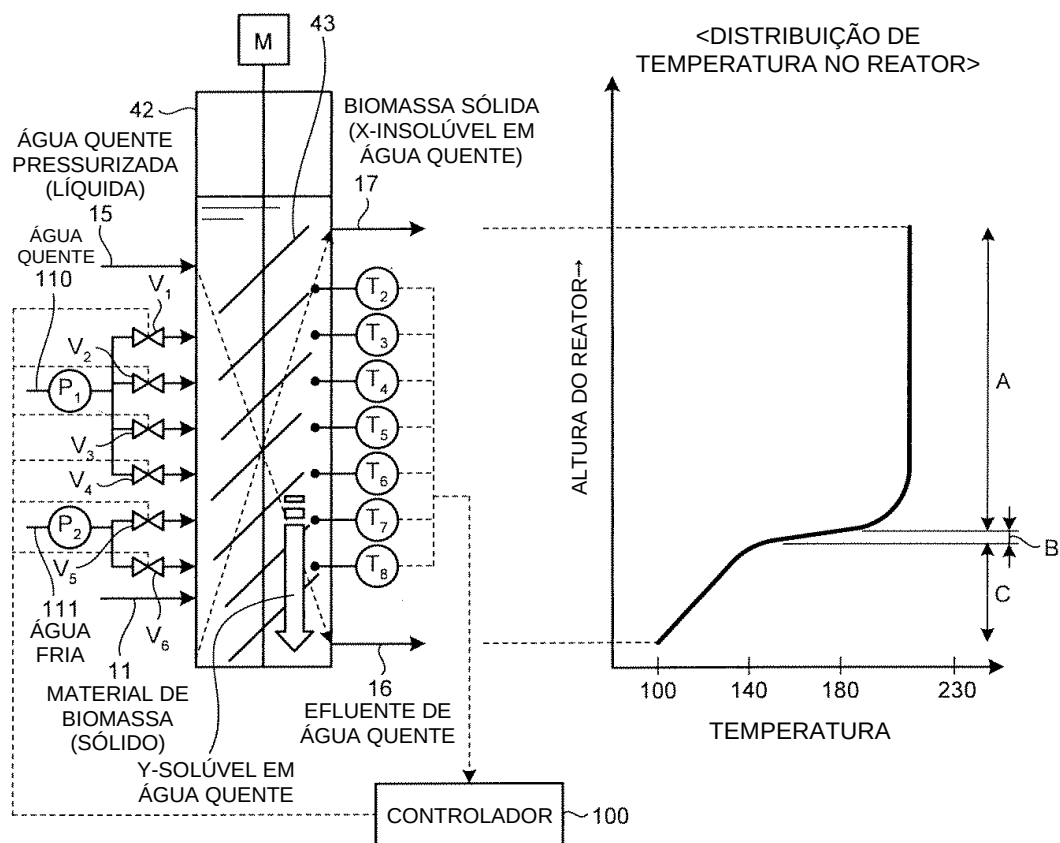


FIG.4

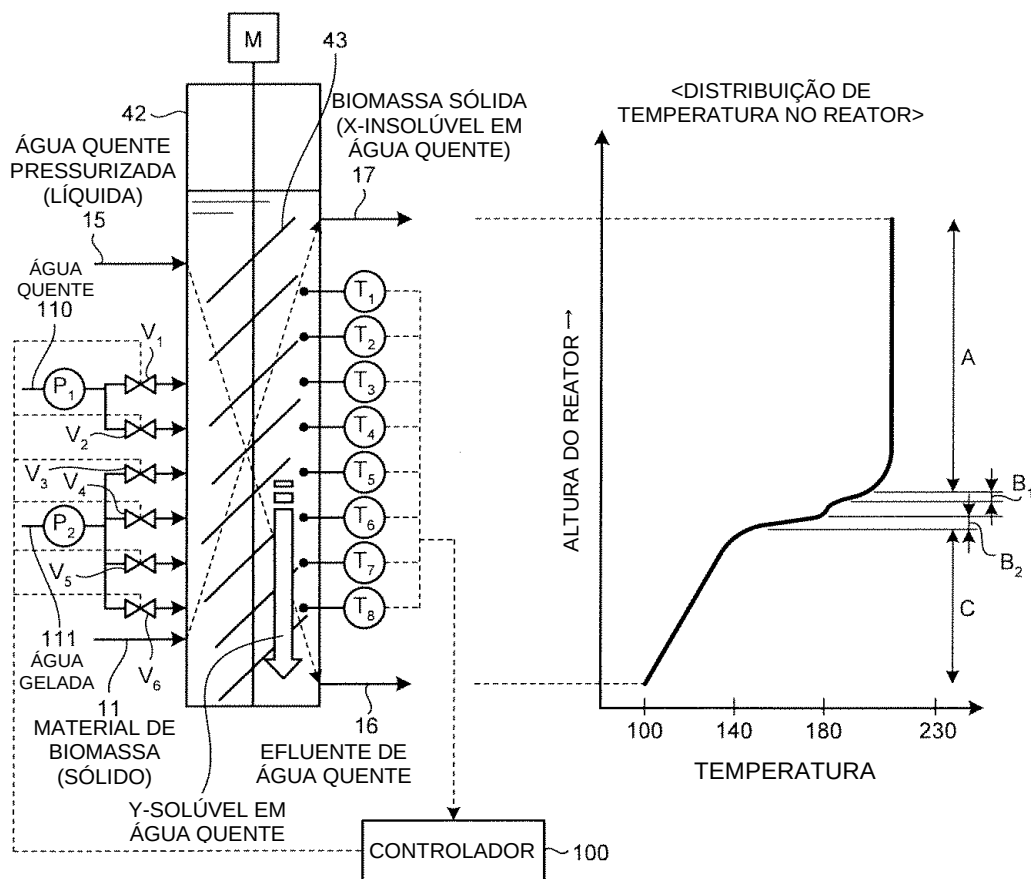


FIG.5

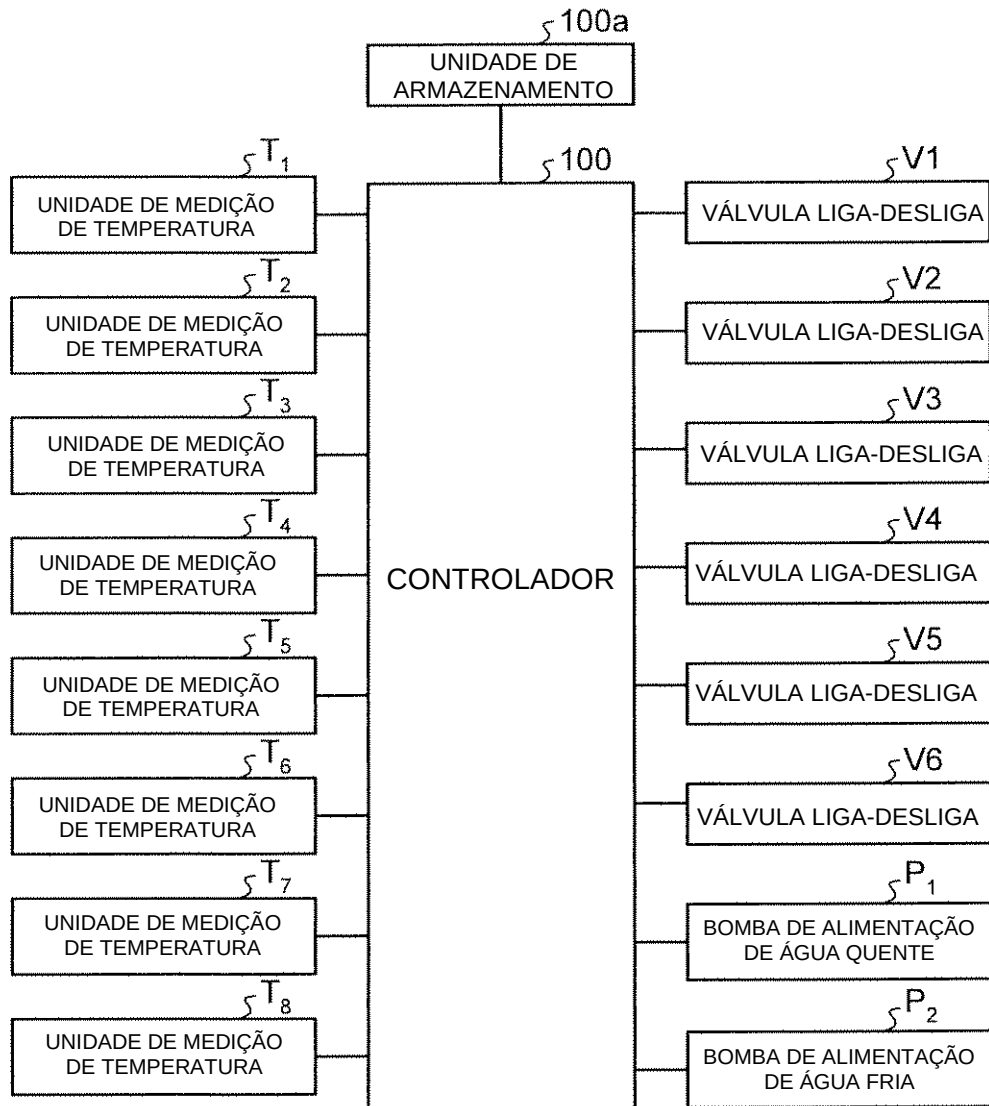


FIG.6

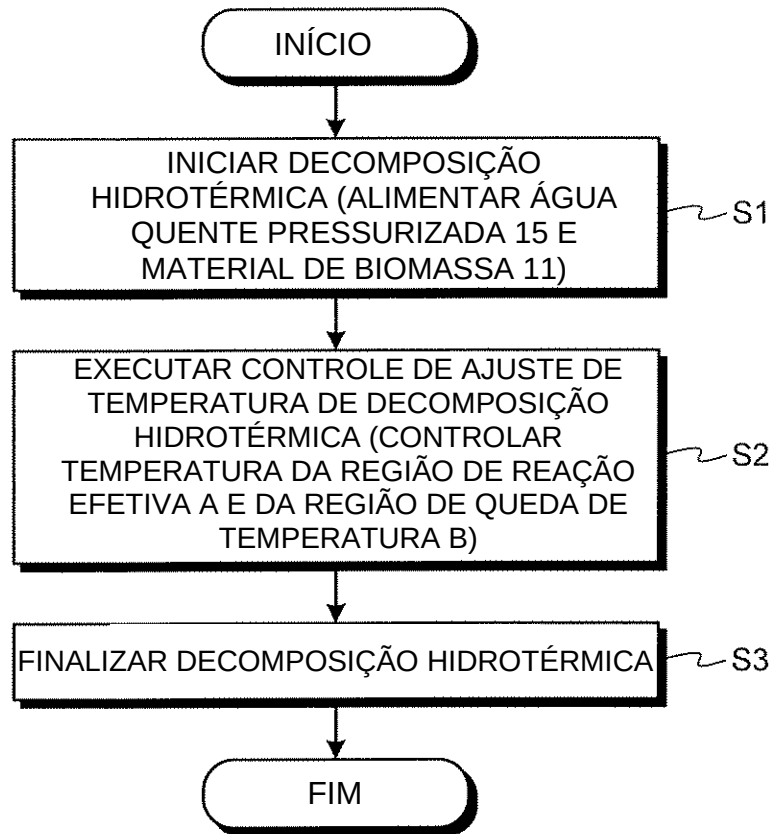


FIG.7

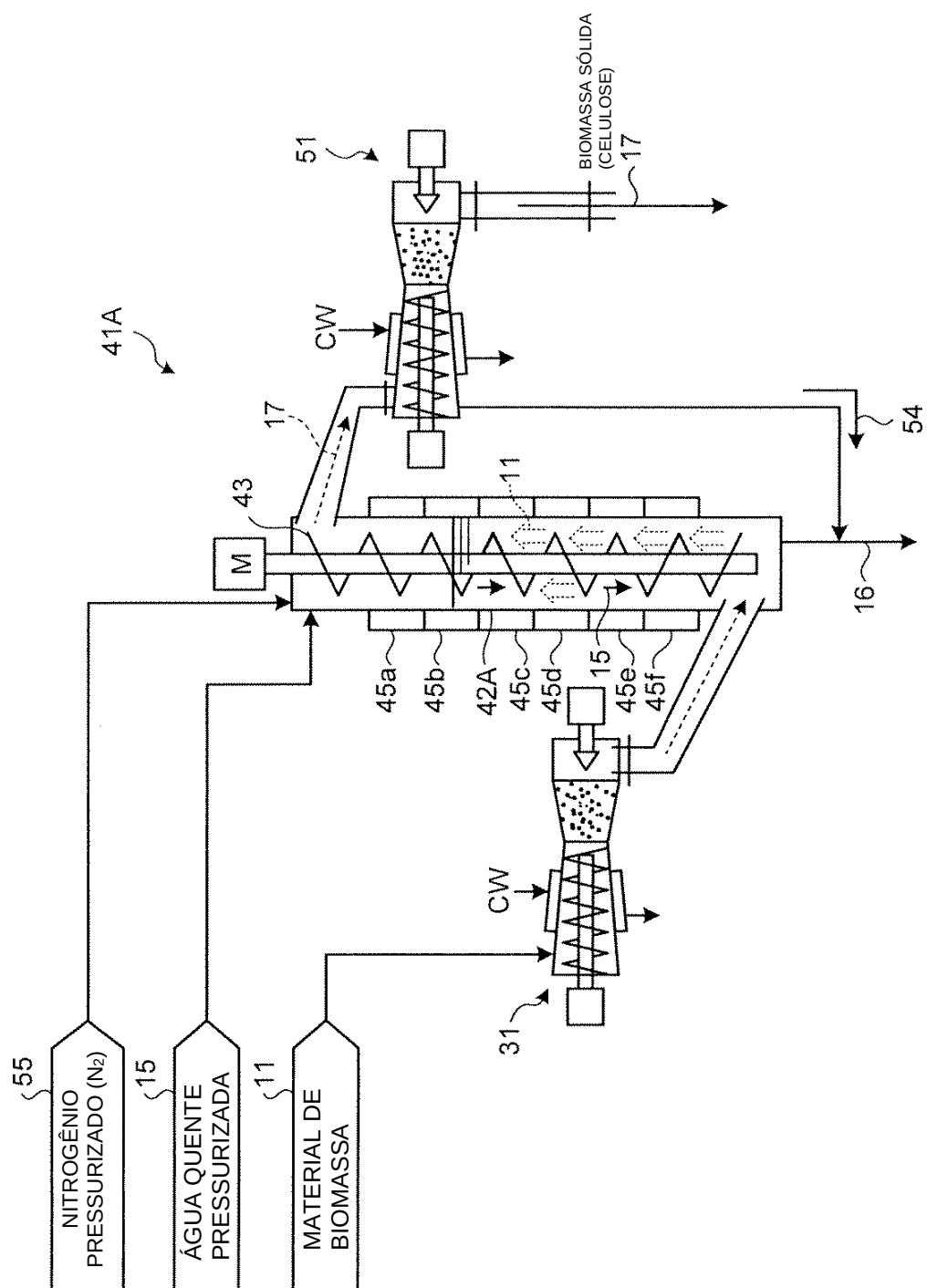


FIG.8

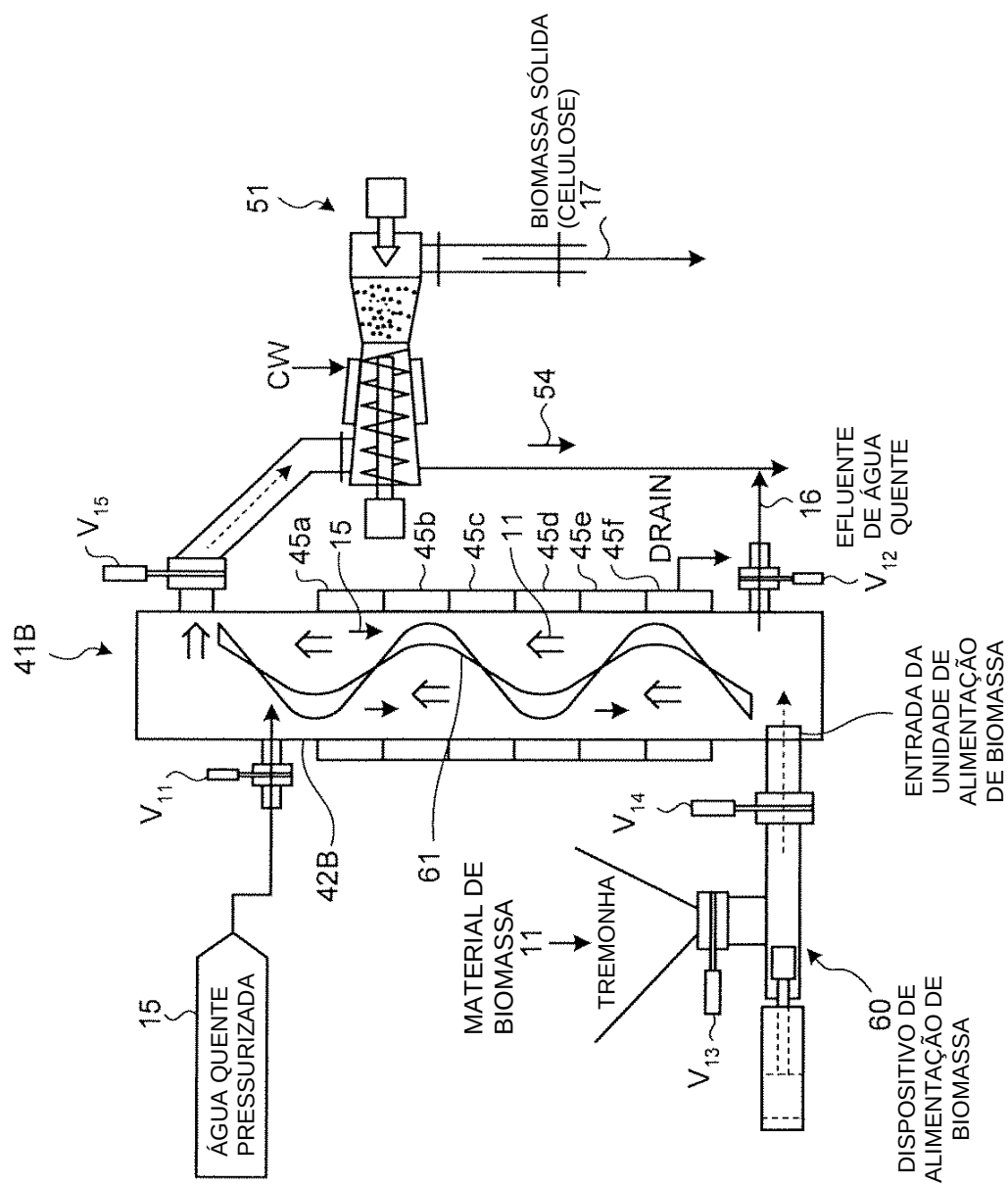


FIG.9

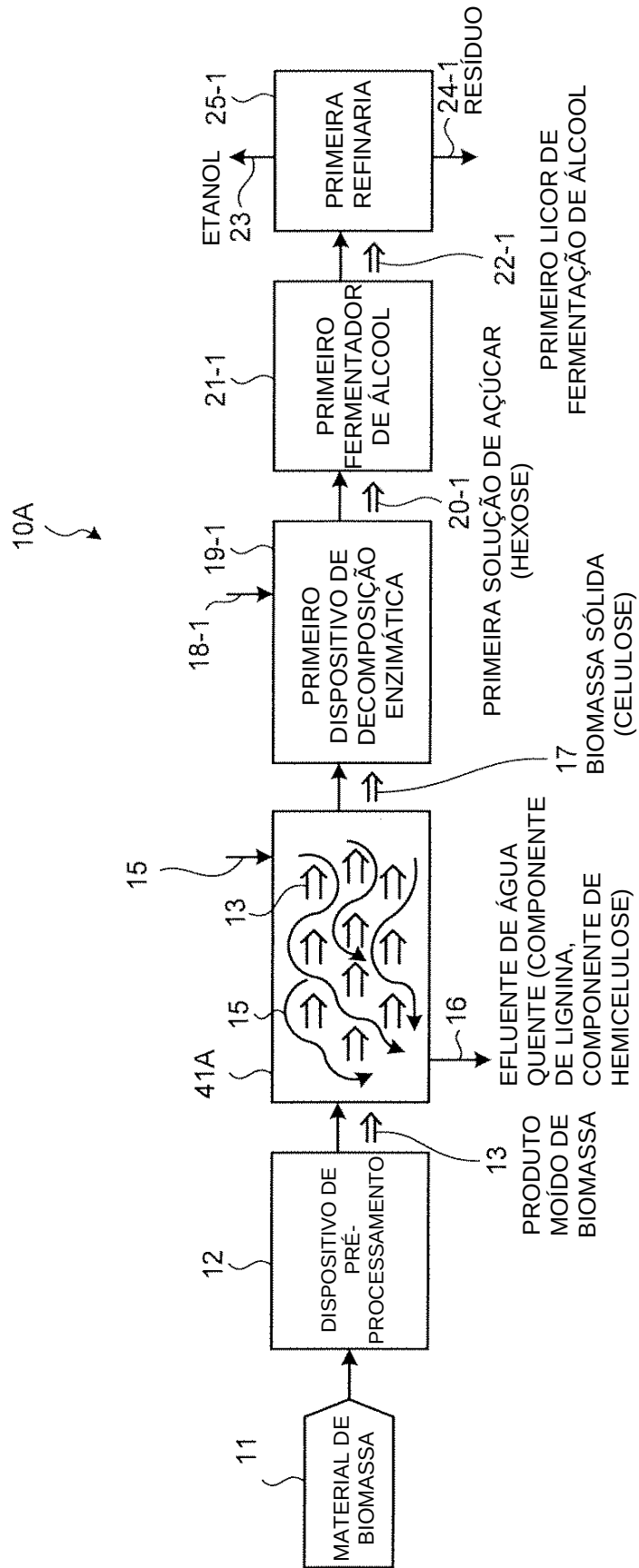


FIG.10

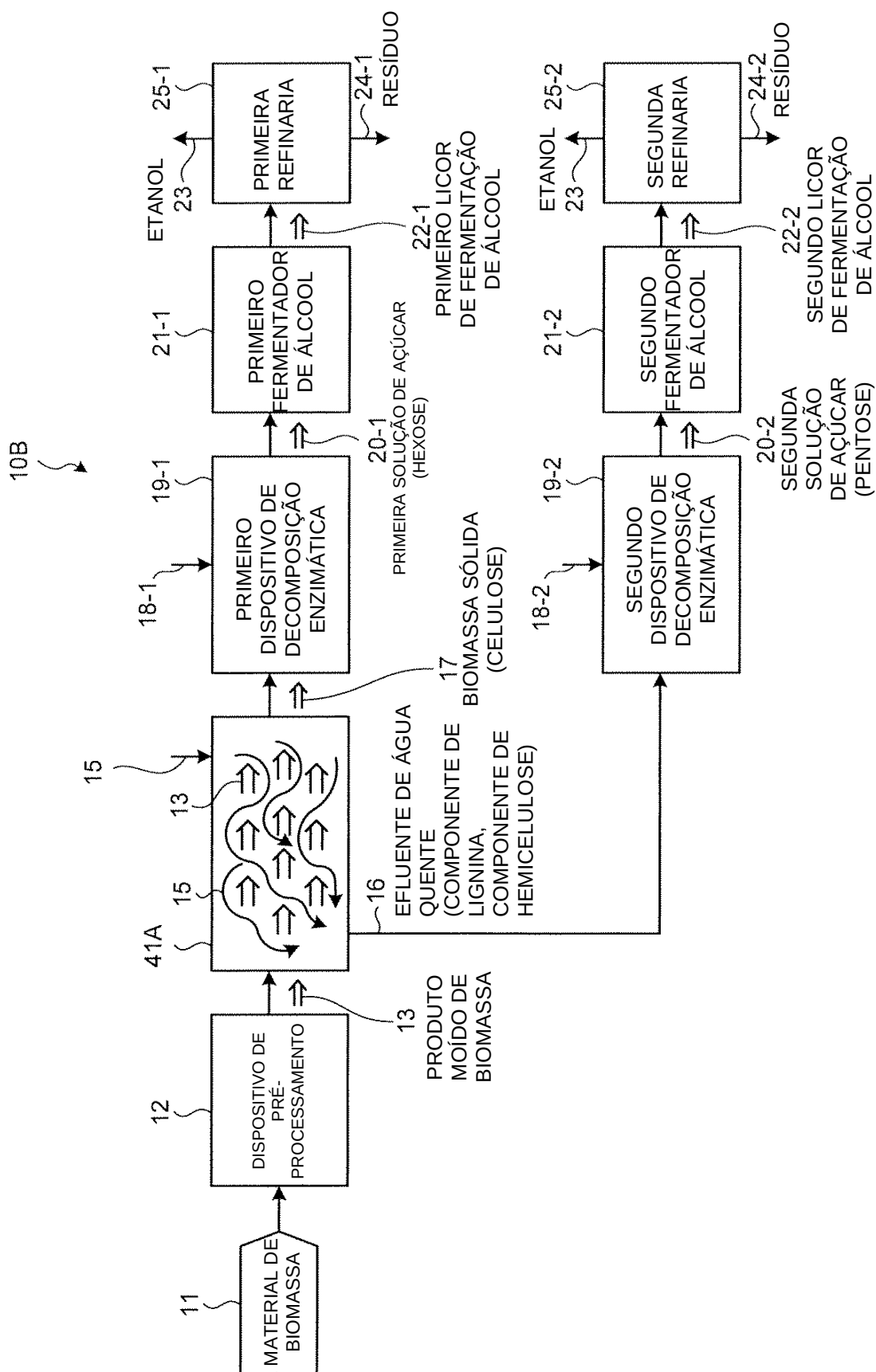


FIG.11

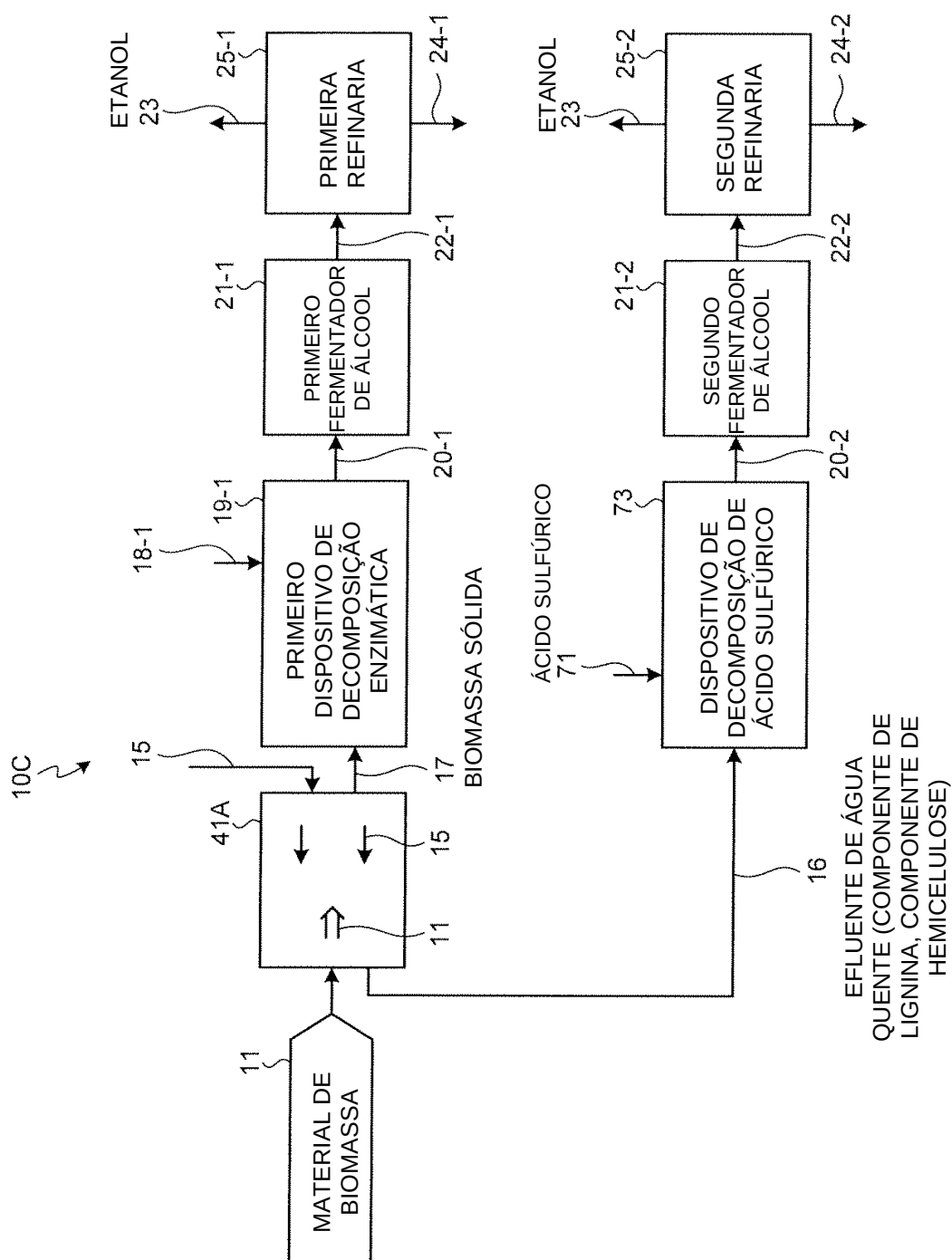


FIG.12

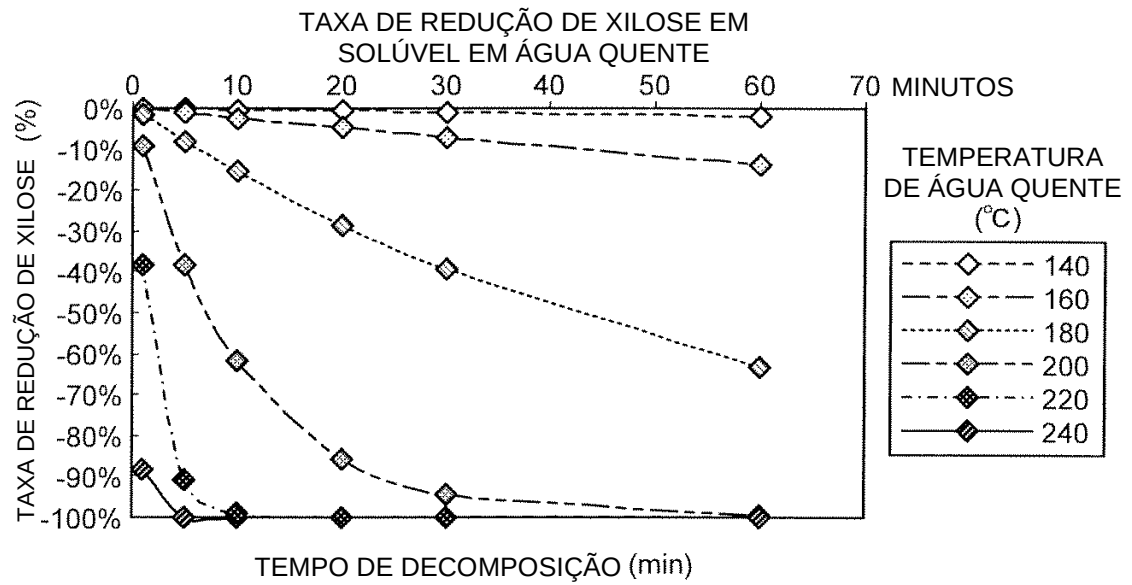


FIG.13

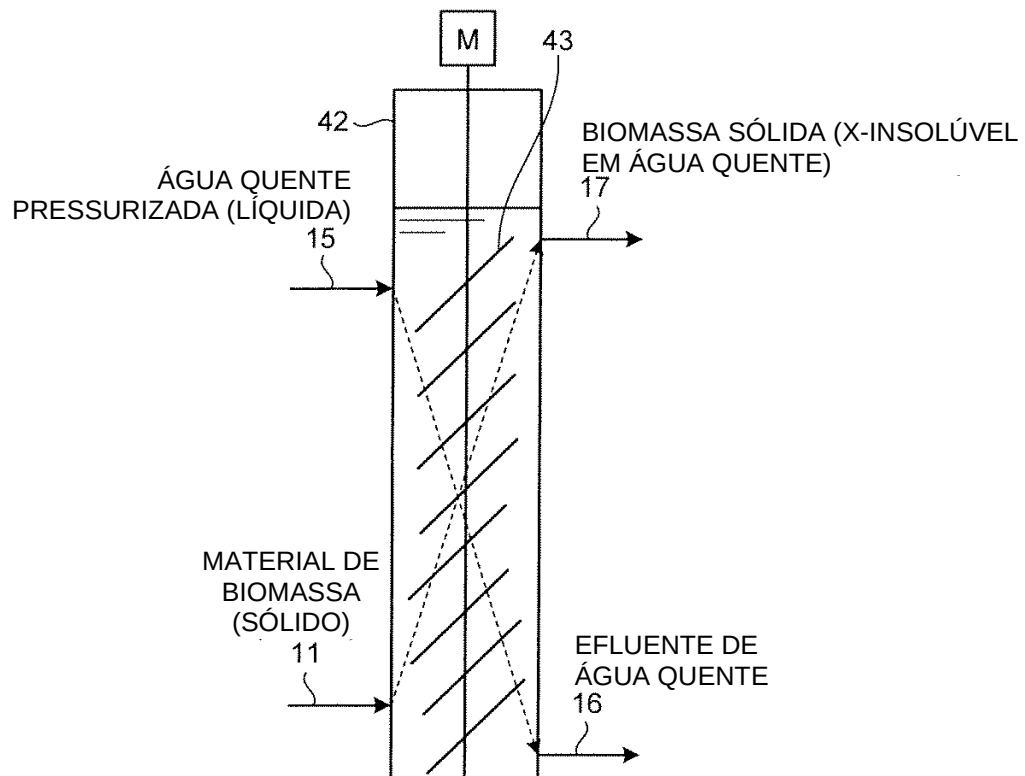


FIG.14

