



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

(21) **PI0806631-0 A2**



(22) Data de Depósito: 14/03/2008  
(43) Data da Publicação: 06/09/2011  
(RPI 2122)

(51) *Int.Cl.:*  
B01D 61/36  
B01D 61/58  
B01D 63/00

(54) **Título:** SISTEMA E MÉTODO DE DESIDRATAÇÃO

(30) **Prioridade Unionista:** 15/03/2007 JP 2007-066287

(73) **Titular(es):** Mitsubishi Heavy Industries, Ltd

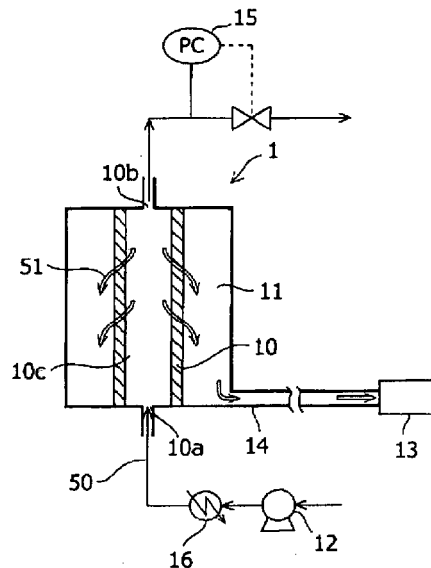
(72) **Inventor(es):** Atsuhiro Yukumoto, Haruaki Hirayama,  
Hiroyuki Osora, Yoshio Seiki

(74) **Procurador(es):** Momsen, Leonardos & CIA.

(86) **Pedido Internacional:** PCT JP2008054790 de 14/03/2008

(87) **Publicação Internacional:** WO 2008/111672de  
18/09/2008

(57) **Resumo:** SISTEMA E MÉTODO DE DESIDRATAÇÃO. Um sistema de desidratação, tendo melhorado desempenho de membrana. O sistema de desidratação inclui um dispositivo de desidratação (1), meio de redução de pressão (13), meio de pressurização e meio de aquecimento. O dispositivo de desidratação (1) tem, provido em um corpo de dispositivo de desidratação (1), uma seção de diafragma de separação de água (10) e uma seção de envoltório (11). A seção de diafragma de separação de água (10) é provida com uma entrada de líquido e uma saída de líquido. A entrada de líquido é formada na parte inferior de uma membrana de separação de água, tendo um ou mais trajetos de fluxo estendendo-se verticalmente, que permitem ao líquido (50) passar através dela, e a saída de líquido é formada na parte superior da membrana de separação de água. A seção de envoltório (11) é definida pela superfície externa da seção de membrana de separação de água e pela parede interna do corpo do dispositivo. No dispositivo de desidratação (1), a água no líquido (50) permeia, enquanto ela aumenta no trajeto de fluxo através da membrana de separação de água e é descarregada na seção de envoltório para desidratar o líquido. O meio de redução de pressão reduz a pressão na seção de envoltório (11). O meio de pressurização pressuriza o líquido antes dele ser suprido à membrana de separação de água. O meio de aquecimento aquece o líquido pressurizado





## “SISTEMA E MÉTODO DE DESIDRATAÇÃO”

### Campo Técnico

A presente invenção refere-se a um sistema de desidratação e a um método de desidratação. Mais particularmente, a presente invenção refere-se a um sistema de desidratação e a um método de desidratação capazes de eficientemente desidratar uma mistura de água e etanol ou propanol, que está em uma composição azeotrópica com água, uma mistura de água e ácido e similares.

### Fundamento Da Invenção

Como uma fonte de combustível para substituir combustíveis fósseis, o etanol tem atraído a atenção, e o seu tamanho no mercado é predito ser de 55 milhões de quilolitros no ano 2010. Entretanto, para utilizar o etanol como um combustível, um produto bruto obtido de uma matéria prima biológica, tal como o milho, deve ser destilado e refinado, e este deve ser desidratado a pelo menos 99,5% em peso.

Convencionalmente, em desidratação, uma solução aquosa de etanol diluído foi destilada em uma coluna de destilação, a fim de ser concentrada em um ponto próximo ao ponto azeotrópico de um etanol aquoso e, em seguida, a solução foi desidratada.

Como um método para desidratar um azeótropo, um método é disponível em que um arrastador é adicionado ao azeótropo e a desidratação é realizada por destilação azeotrópica. Entretanto, o método requer um processo em que um azeótropo de três componentes é destilado e, além disso, o arrastador deve ser recuperado. Portanto, o método tem algumas desvantagens, tais como grande quantidade de energia calorífica sendo necessária.

Outro método é disponível em que múltiplos tanques de peneira molecular são dispostos em paralelo e a desidratação é realizada enquanto estes tanques são transferidos em um modo de batelada. Este

método também tem uma desvantagem, pelo fato de que a regeneração do tanque de peneira molecular consome quantidades substanciais de energia.

Além disso, é conhecido um método em que a água é separada de uma mistura líquida que é mútua e completamente solúvel por um processo de separação de membrana, empregando-se o método de pervaporação utilizando um separador de membrana (Documento de Patente 1: Publicação do Pedido de Patente Não Examinado Japonês No. 7-124444). O processo de separação de membrana empregando-se o método de pervaporação tem vantagens de elevado desempenho de separação e economia de energia na separação de uma mistura líquida que é mutuamente solúvel.

Documento da Patente 1: Publicação do Pedido de Patente Não Examinado Japonês No. 7-124444

Descrição Da Invenção

### **Problemas para serem Resolvidos pela Invenção**

O processo de separação de membrana empregando-se o método de pervaporação é um método promissor de refinamento de combustível etanol e similares, e o aumento de seu desempenho foi exigido para fins de uso prático. Particularmente, é exigido obter-se um anidrido de etanol de elevada pureza com mais elevada eficiência.

É sabido que quando um processo de separação de membrana empregando o método de pervaporação é realizado usando-se um reator de membrana de separação de água, quando a temperatura do líquido sendo tratado aumenta, o fluxo de permeação (unidade:  $\text{kg}/\text{m}^2$ ), representando o desempenho da membrana de uma membrana de separação de água, aumenta e, portanto, o desempenho de separação é aumentado. Entretanto, se uma mistura líquida for aquecida à temperatura de gasificação para fins de melhorar o desempenho da separação aumentando-se a temperatura do líquido, surge um problema, pelo fato de a quantidade de aquecimento aumentar devido ao calor de vaporização. Também, se a mistura líquida for

aquecida a uma temperatura em que uma fase misturada de gás e líquido seja formada, a membrana é destruída por cavitação.

### **Meios para Resolver os Problemas**

5 Verificou-se que aquecendo-se a mistura líquida a uma elevada temperatura, enquanto mantendo-se o estado líquido, o fluxo de permeação é aumentado e, como resultado, o desempenho de membrana pode ser melhorado sem a ocorrência dos problemas acima, e eles, desse modo, concluíram a presente invenção.

10 A presente invenção pode prover um sistema de desidratação compreendendo um aparelho de desidratação compreendendo, em um corpo de aparelho de desidratação, um módulo de membrana de separação de água em que uma membrana de separação de água, tendo pelo menos um trajeto de fluxo, estendendo-se nas direções ascendente e descendente, para fazer com que um líquido passe através, é provida com uma entrada de líquido no fundo da mesma e uma saída de líquido no topo da mesma; e um envoltório definido pela superfície externa do módulo de membrana de separação de água e a parede interna do corpo do aparelho de desidratação, em que a água de um líquido permeia a membrana de separação de água para mover-se até o envoltório, enquanto o líquido aumenta no módulo de membrana de separação de água, pelo qual o líquido é desidratado; um dispositivo de redução de pressão para reduzir a pressão do envoltório; um dispositivo de pressão para pressurizar o líquido antes do líquido ser alimentado ao módulo de membrana de separação de água; e um dispositivo de aquecimento, para aquecer o líquido pressurizado antes do líquido ser alimentado ao módulo de membrana de separação de água.

20

25

No sistema de desidratação, o dispositivo de pressão para pressurizar o líquido antes do líquido ser alimentado ao módulo de membrana de separação de água, pode ser provido a montante do aparelho de desidratação, pode ser provido a jusante dele, ou pode ser provido tanto a

montante como a sua jusante dele. Igual ao dispositivo de pressão provido a montante do aparelho de desidratação, o dispositivo de pressão provido a jusante dele pode também alimentar o líquido ao aparelho de desidratação em um estado pressurizado.

5                   Em outra modificação, o sistema de desidratação de acordo com a presente invenção pode ter uma outra característica, em que um dispositivo de medição de concentração de líquido é provido a jusante do aparelho de desidratação.

10                   Em ainda outra modificação, o sistema de desidratação de acordo com a presente invenção pode ter uma outra característica, em que um regulador de fluxo líquido, que é conectado ao dispositivo de medição de concentração de líquido, é ainda provido a montante do aparelho de desidratação.

15                   Já em outra modificação, o sistema de desidratação de acordo com a presente invenção pode ter uma outra característica, em que o aparelho de desidratação tem pelo menos dois módulos de membrana de separação de água; pelo menos dois aparelhos de desidratação são conectados em série; e um misturador para misturar o líquido recuperado do aparelho de desidratação a montante é ainda provido em um tubo para conectar os aparelhos de  
20 desidratação em série.

                  Em outro aspecto, a presente invenção pode prover um método de desidratação em que um líquido é feito escoar de uma entrada de base de uma membrana de separação que tem pelo menos um trajeto de fluxo, estendendo-se nas direções ascendente e descendente, em direção a uma saída  
25 de topo; e a pressão no exterior da membrana de separação de água é reduzida, para fazer com que a água no líquido permeie para o exterior da membrana de separação de água, em que o líquido é alimentado à membrana de separação de água em um estado de ser aquecido sob pressurização.

                  Em outra modificação, o método de desidratação de acordo

com a presente invenção pode ainda compreender as etapas de medir a concentração de anidrido ou água no líquido desidratado, e regular a quantidade de líquido alimentado à membrana de separação de água em resposta à concentração.

5                   Em ainda outro modo, o método de desidratação de acordo com a presente invenção pode ainda compreender as etapas de desidratar o líquido usando-se pelo menos duas membranas de separação de água dispostas em paralelo; misturar o líquido recuperado da membrana de separação de água; e desidratar o líquido misturado por uma outra membrana  
10 de separação de água.

### **Vantagens da Invenção**

De acordo com a presente invenção, é fornecido um sistema de desidratação e um método de desidratação em que alimentando-se um líquido ao módulo de membrana de separação de água em uma elevada temperatura  
15 sob pressurização, o desempenho da separação de membrana é aumentado sem a ocorrência de problemas que possam ser causados pela gasificação do líquido, pelo qual o elevado desempenho de desidratação é realizado.

### **Breve Descrição dos Desenhos**

A Figura 1 é uma vista esquemática para explicar uma forma  
20 de realização de um sistema de desidratação de acordo com a presente invenção;

A Figura 2 é uma vista esquemática para explicar uma forma de realização de um módulo de membrana de separação de água de acordo com a presente invenção;

25                   A Figura 3 é uma vista esquemática para explicar outra forma de realização de um módulo de membrana de separação de água de acordo com a presente invenção;

A Figura 4 é um gráfico mostrando a relação entre a temperatura e a pressão de um líquido e o seu fluxo de permeação;

A Figura 5 é uma vista esquemática para explicar outra forma de realização de um sistema de desidratação de acordo com a presente invenção; e

5 A Figura 6 é uma vista esquemática para explicar ainda outra forma de realização de um sistema de desidratação de acordo com a presente invenção.

### **Descrição de Símbolos**

	1... aparelho de desidratação
	2... dispositivo de medição da concentração de líquido
10	3... regulador de fluxo
	4... válvula
	5... misturador
	10, 110, 210... módulo de membrana de separação de água
	10a, 110a, 210a... entrada de líquido
15	10b, 110b, 210b... saída de líquido
	10c, 110c, 210c... trajeto de fluxo
	10d, 110d, 210d... membrana de separação de água
	11... envoltório
	12... bomba de elevação de pressão
20	13... dispositivo redutor de pressão
	14... duto
	15... regulador de pressão
	16... trocador de calor
	50... líquido
25	51... vapor de água

### **Melhores Formas de Realização da Invenção**

Um aparelho de desidratação, um sistema de desidratação e um método de desidratação, de acordo com a presente invenção, serão descritos mais detalhadamente com referência as suas formas de realização.

A Figura 1 mostra uma forma de realização do sistema de desidratação de acordo com a presente invenção.

O sistema de desidratação mostrado na Figura 1 inclui, como componentes principais, um aparelho de desidratação 1 fornecido com um módulo de membrana de separação de água 10, um envoltório 11, e um duto de vácuo 14 em um corpo de aparelho de desidratação; um dispositivo redutor de pressão 13, uma bomba de elevação de pressão 12, um trocador de calor 16 e um regulador de pressão 15.

O módulo de membrana de separação de água 10 do aparelho de desidratação 1, que é provido no corpo de aparelho de desidratação, consiste de uma membrana de separação de água 10d, e é provido com uma entrada de líquido 10a no lado inferior na direção vertical e uma saída de líquido 10b no lado superior dela. No módulo de membrana de separação de água 10, são formados um ou mais trajetos de fluxo 10c para um líquido, que são partes ocas estendendo-se nas direções ascendente e descendente, para permitir ao líquido passar através. O envoltório 11 é localizado em torno da superfície lateral do módulo de membrana de separação de água 10. No envoltório 11, o duto de vácuo 14 é provido. O duto de vácuo 14 é conectado ao dispositivo de redução de pressão 13.

O módulo de membrana de separação de água 10 separa o líquido 50, que é uma mistura de anidrido e água, em anidrido e água. Como tal módulo de membrana de separação de água, vários tipos são conhecidos e são comercialmente disponíveis. Como o módulo de membrana de separação de água 10 da presente forma de realização, um módulo de membrana de separação de água tipo-monolítico ou tipo-tubular pode ser usado como um exemplo.

Um módulo de membrana de separação de água tipo monolítico 110, mostrado nas Figuras 2A e 2B, é explicado como um exemplo. A Figura 2B é uma vista em seção tomada ao longo da linha A-A da

Figura 2A. No módulo de membrana de separação de água tipo monolítico 110, uma pluralidade de trajetos de fluxo líquido 110c, que são uma ou mais partes ocas estendendo-se nas direções ascendente e descendente, para permitir ao líquido passar através, são fornecidos em uma membrana de separação de água colunar 110d. Na membrana de separação de água deste tipo, o trajeto de fluxo líquido 110c na membrana de separação de água é chamado de um lado primário ou um lado alimentado da membrana e o lado externo da membrana de separação de água 110d, é chamado de um lado secundário ou um lado do permeado da membrana.

No processo de separação de membrana empregando-se o método de pervaporação usando-se tal um módulo de membrana de separação de água, o módulo de membrana de separação de água 110 é preferivelmente colocado de modo que a direção do trajeto de fluxo seja paralela à direção vertical. O líquido 50 é alimentado de uma entrada de líquido 110a no lado inferior da direção vertical, enquanto a pressão no lado do permeado do módulo de membrana de separação de água 110 é reduzida, sendo feito escoar na direção oposta à da gravidade e é recuperado de uma saída de líquido 110b no lado superior da direção vertical. Por este procedimento, a água no líquido 50 é convertida em vapor de água 51, e o vapor de água 51 é retirado para fora, para o lado do permeado da superfície lateral da membrana de separação de água 110d. Como resultado, o líquido 50 recuperado da saída de líquido 110b do módulo de membrana de separação de água, é desidratado.

As figuras do módulo de membrana de separação de água tipo-monolítico 110 mostradas nas Figuras 2A e 2B são vistas esquemáticas. Como exemplo, um módulo de membrana de separação de água provido com trinta buracos, cada um tendo um diâmetro de 3 mm em uma membrana de separação de água colunar tendo um diâmetro de 30 mm, pode ser usado. Como outro exemplo, um módulo de membrana de separação de água provido com duzentos buracos, cada um tendo um diâmetro de 2 mm em uma

membrana de separação de água colunar tendo um diâmetro de 150 a 200 mm, pode ser usado. O comprimento do módulo de membrana de separação de água pode ser determinado apropriadamente por uma pessoa hábil na técnica de acordo com o desempenho de membrana desejado. Como um exemplo, um módulo de membrana de separação de água tendo um comprimento variando de 150 mm a 1 m pode ser usado.

Como outro exemplo, um módulo de membrana de separação de água tipo-tubular 210, mostrado nas Figuras 3A e 3B, é explicado. A Figura 3B é uma vista em seção tomada ao longo da linha B-B da Figura 3A.

O módulo de membrana de separação de água tipo-tubular 210 é uma membrana de separação de água tubular 210d provida com apenas um trajeto de fluxo líquido 210c nela. O módulo de membrana de separação de água tipo-tubular 210 tem os mesmos modo de instalação e vantagem operacional que aqueles do módulo de membrana de separação de água tipo-monolítico. Como um exemplo, um módulo de membrana de separação de água tipo-tubular tendo um diâmetro externo de 10 mm e um diâmetro interno de 7 mm, pode ser usado. Como outro exemplo, um módulo de membrana de separação de água tipo-tubular tendo um diâmetro externo de 30 mm e um diâmetro interno de 22 mm, pode ser usado. Quanto ao comprimento, como um exemplo, um módulo de membrana de separação de água tipo-tubular tendo um comprimento variando de 150 mm a 1 m, pode ser usado.

Como a membrana de separação de água constituindo o módulo de membrana de separação de água, uma membrana porosa inorgânica, em que um diâmetro de poro da ordem nano ou menor é precisamente controlado, pode ser usada. A membrana porosa, tendo poros finos, obtém um efeito de peneira molecular, de permitir que gases de molécula pequena passem através e excluir os gases de moléculas grandes, e exhibe um comportamento de difusão de ativação em que o seu fator de permeação aumenta com um aumento na temperatura. Um exemplo de uma

membrana porosa tendo poros finos pode incluir uma membrana de carbono, membrana de sílica e membrana de zeólito. Na presente forma de realização, como a membrana de separação de água, uma membrana de separação de água inorgânica com base em uma sílica ou zeólito, tendo poros finos de 10-  
5 angstroms ou menores, pode ser adequada.

A membrana de separação de água inorgânica descrita na Patente Japonêsa No. 2808479 pode também ser aplicada à presente forma de realização. A membrana de separação de água inorgânica descrita na Patente Japonêsa No. 2808479 é uma membrana de separação composta, resistente a  
10 ácido, obtida transportando-se gel de sílica, que é obtido por hidrólise de alcoxissilano tendo um grupo etóxi ou grupo metóxi nos poros finos de um corpo poroso inorgânico.

O formato, tamanho e material do módulo de membrana de separação de água podem ser selecionados apropriadamente por uma pessoa  
15 hábil na técnica de acordo com a finalidade de uso. Na presente forma de realização, o módulo de membrana de separação de água é preferivelmente formado de um material de membrana de separação de água tendo uma elevada resistência física. Isto é por que o módulo de membrana de separação de água é usado no estado em que um líquido pressurizado é alimentado  
20 dentro do trajeto de fluxo dele.

O envoltório 11 no corpo do aparelho de desidratação é localizado sobre o lado do permeado da membrana de separação de água, na periferia do módulo de membrana de separação de água. O envoltório 11 serve como um trajeto de fluxo para o vapor de água 51 liberado da superfície  
25 lateral do módulo de membrana de separação de água 10. Na presente forma de realização, o envoltório 11 é um espaço definido pela superfície lateral do módulo de membrana de separação de água 10 e a parede interna do corpo do aparelho de desidratação. O envoltório 11 é configurado de modo que o líquido, antes de ser alimentado ao módulo de membrana de separação de

água 10, ou o líquido 50 recuperado do módulo de membrana de separação de água 10, não escoe para dentro do envoltório 11.

O envoltório 11 é provido com o duto de vácuo 14. O duto de vácuo 14 serve como um ponto de conexão para a conexão com o dispositivo de redução de pressão 13. O duto de vácuo 14 recupera o vapor de água 51 liberado dentro do envoltório 11. O duto de vácuo 14 pode ser provido horizontalmente ou pode ser provido a jusante da direção vertical. A direção do duto de vácuo 14 não é submetida a qualquer restrição. A posição da instalação e o seu número não são submetidos a qualquer restrição.

O dispositivo de redução de pressão 13 é um meio para reduzir a pressão do envoltório 11, para aspirar o vapor de água 51 liberado do módulo de membrana de separação de água 10. O dispositivo de redução de pressão 13 pode ser quaisquer dispositivos de redução de pressão capaz de reduzir a pressão a cerca de 10 a 100 torr (1333,22 a 13332,2 Pa). Como o dispositivo de redução de pressão 13, uma bomba de redução de pressão comum ou similar pode ser usada. %

A bomba de elevação de pressão 12 é um dispositivo de pressão provido a montante do aparelho de desidratação 1 e o trocador de calor 16. A bomba de elevação de pressão 12 é usada para pressurizar o líquido 50 para ser desidratado em uma pressão predeterminada. Como o dispositivo de pressão, uma bomba de elevação de pressão comum ou similar pode ser usada. A bomba de elevação de pressão 12 pode ser uma bomba capaz de pressurizar o líquido 50, preferivelmente a uma variação de pressão de 2 a 10 atm.

O trocador de calor 16 é um dispositivo de aquecimento provido a montante do aparelho de desidratação 1 e a jusante da bomba de elevação de pressão 12. O trocador de calor 16 aquece o líquido 50, que foi pressurizado à pressão predeterminada pela bomba de elevação de pressão 12 localizada a montante dele, preferivelmente a uma temperatura que é próxima

ao ponto azeotrópico e mais baixa do que o ponto azeotrópico sob tal pressão. Como o dispositivo de aquecimento, uma bomba de aquecimento comum ou aquecedor ou similares podem ser usados.

5 O regulador de pressão 15 é um dispositivo de pressão provido a jusante do aparelho de desidratação 1. O regulador de pressão 15 mede a pressão do líquido 50 recuperado do aparelho de desidratação 1. O regulador de pressão 15 abre ou fecha uma sua válvula a jusante quando necessário, para regular a pressão a um valor predeterminado.

10 Uma forma de realização de um método para desidratação de um líquido empregando-se o sistema de desidratação da presente invenção é explicado. O líquido 50, para ser desidratado pelo sistema de desidratação da presente forma de realização, é geralmente uma mistura de água e um líquido miscível com a água. Especificamente, o líquido 50 a ser desidratado inclui uma mistura de etanol e água, uma mistura de propanol e água, e uma mistura  
15 de um ácido, tal como ácido acético e água. O líquido pode conter álcool ou ácido com uma concentração de 80 a 95% em peso. Tais concentrações são alcançadas tratando-se uma mistura usada como uma matéria prima, utilizando-se uma coluna de destilação ou uma membrana de transmissão seletiva de álcool. O método de desidratação é explicado tomando-se uma  
20 mistura de etanol utilizável como um combustível e água, como um exemplo de líquido a ser desidratado. A concentração de etanol no líquido alimentado ao aparelho de desidratação da presente forma de realização é preferivelmente de 95% em peso.

25 Como mostrado na Figura 1, o líquido 50, que é uma mistura de 95% em peso de etanol e 5% em peso de água, é pressurizado pela bomba de elevação de pressão 12. o líquido 50 é preferivelmente pressurizado, de modo que a sua pressão seja mais elevada do que a pressão atmosférica. Especificamente, o líquido 50 é pressurizado preferivelmente de 1,5 a 10 atm, mais preferivelmente de 2 a 3 atm. Entretanto, o grau de pressurização pode

ser determinado apropriadamente por uma pessoa hábil na técnica, dependendo da resistência física da membrana de separação de água utilizada.

O líquido pressurizado 50 é preferivelmente aquecido por um trocador de calor ou similar. A temperatura do líquido pode ser determinada dependendo da sua pressão. O líquido pressurizado 50 é preferivelmente aquecido a uma temperatura que é próxima do ponto azeotrópico e mais baixa do que o ponto azeotrópico sob a pressão predeterminada. Por exemplo, o líquido 50 é preferivelmente aquecido em uma faixa de temperatura de uma temperatura de 10 a 30 °C mais baixa do que o ponto azeotrópico. A temperatura em que o líquido 50 é aquecido deve ser menor do que a temperatura de decomposição de um anidrido contido no líquido 50. Como um exemplo, para a mistura de etanol e água, que é um líquido favorável para ser desidratado, a sua temperatura na ocasião do fornecimento pode ser de 90 a 150 °C. Visto que a temperatura de decomposição do etanol é de 200 °C, a temperatura do líquido 50 contendo etanol na ocasião do fornecimento é menor do que 200 °C.

O líquido 50, tendo sido aquecido, é alimentado a partir da entrada do líquido 10a do módulo de membrana de separação de água 10. A taxa de fluxo do líquido 50 é preferivelmente 0,5 a 1m/s. Entretanto, a taxa de fluxo pode ser determinada apropriadamente por uma pessoa hábil na técnica, dependendo do fluxo de permeação.

O líquido 50 é alimentado ao módulo de membrana de separação de água 10, enquanto reduzindo-se a pressão do envoltório 11. A pressão do envoltório 11 é preferivelmente reduzida a cerca de 10 a 100 torr (1333.22 a 13332.2 Pa). Isto é por que a permeação é acelerada por uma pressão diferencial entre o lado alimentado e o lado permeado da membrana de separação de água. Na presente forma de realização, visto que o líquido no lado alimentado é pressurizado, a pressão diferencial entre o lado alimentado e o lado permeado é maior, especialmente em comparação com o caso em que

o líquido 50 é alimentado sob pressão atmosférica, de modo que a permeação do vapor de água 51 do módulo de membrana de separação de água 10 é mais acelerada.

O líquido 50 passa através do trajeto de fluxo 10c ascendente da base do topo do módulo de membrana de separação de água 10. Durante este tempo, a água contida no líquido 50 escoando no trajeto de fluxo 10c é retirada do envoltório 11 como o vapor de água 51, via a membrana de separação de água 10d. Para o líquido 50 recuperado da saída de líquido 10b, a concentração de água contida diminui. A pressão do líquido 50 é monitorada pelo regulador de pressão 15 provido a jusante do aparelho de desidratação 1 e é regulada ao valor ótimo quando necessário. O vapor de água 51 liberado dentro do envoltório 11 é recuperado do duto de vácuo 14. O vapor de água recuperado 51 é condensado por um refrigerador a jusante.

Na presente forma de realização, o aparelho de desidratação 1 provido com apenas um módulo de membrana de separação de água 10 é mostrado para a facilidade da explicação. Entretanto, o aparelho de desidratação 1 pode ser provido com diversos módulos de membrana de separação de água 10, que são conectados em paralelo no corpo do aparelho de desidratação. Em tal configuração, o envoltório 11 provê um espaço contínuo definido pela parede interna do corpo de aparelho de desidratação e as superfícies externas dos módulos de membrana de separação de água 10, e o vapor de água pode ser movido ali. Fornecendo-se os diversos módulos de membrana de separação de água, que são conectados em paralelo no corpo do aparelho de desidratação, a quantidade de líquido tratada de uma vez por um aparelho de desidratação pode ser aumentada.

Além disso, na presente forma de realização, uma modificação em que a bomba de elevação de pressão é provida a montante do aparelho de desidratação e o regulador de pressão é provido a jusante do aparelho de desidratação, isto é, uma modificação em que dois dispositivos de pressão são

providos tanto a montante como a jusante do aparelho de desidratação, foi mostrada. Entretanto, por exemplo, no caso em que a pressão original da matéria prima é elevada, o sistema pode ser, de modo que, a bomba de elevação de pressão a montante do aparelho de desidratação não seja provida e a pressão seja regulada pelo regulador de pressão a jusante somente. Alternativamente, o sistema pode também ser, de modo que, o regulador de pressão a jusante não seja provido e a pressão seja regulada pela bomba de elevação de pressão a montante. Em outro caso, o dispositivo de pressão pode fazer o líquido alimentado ao aparelho de desidratação ser em um estado pressurizado.

Como uma outra modificação da presente forma de realização, um ponto de fornecimento e um ponto de descarga para um gás inerte podem ser providos no envoltório, no lugar do dispositivo de redução de pressão conectado ao envoltório 11 via o duto. Em tal modificação, fazendo-se com que o gás inerte escoe para dentro do envoltório, a mesma operação e efeitos como aqueles da forma de realização mostrada na Figura 1, podem ser realizados. Como o gás inerte, nitrogênio ou argônio podem ser usados, como um exemplo. A taxa de fluxo do gás inerte suprido é preferivelmente, por exemplo, uma taxa de fluxo mais rápida do que 5 a 15 m/s.

Além disso, como outra modificação da presente forma de realização, o sistema de desidratação pode ser de modo que um dispositivo de aquecimento seja provido na parte superior do envoltório 11, próximo à saída de líquido 10b do módulo de membrana de separação de água 10, e um duto conectado com o dispositivo de redução de pressão seja provido na parte inferior do envoltório 11, próximo à entrada de líquido 10a do módulo de membrana de separação de água 10. O sistema de desidratação pode ser, de modo que um dispositivo para fornecimento de um gás inerte aquecido seja ainda provido na parte superior do envoltório 11, próximo à saída de líquido 10b do módulo de membrana de separação de água 10. Na modificação, a

convecção de calor dirigida da parte superior à parte inferior é formada no envoltório 11. Pela convecção de calor, o líquido 10 fluindo em uma parte próxima à saída de líquido 10b do módulo de membrana de separação de água 10 é aquecido a partir do envoltório 11, via a membrana de separação de água, de modo que o fluxo de permeação próximo à saída de líquido 10b do módulo de membrana de separação de água possa ser aumentado.

No módulo de membrana de separação de água, estendendo-se nas direções ascendente e descendente da presente forma de realização, é visto um fenômeno em que, quando o líquido aproxima-se da saída, a temperatura do líquido é diminuída pelo calor de vaporização da água. Consequentemente, o fluxo de permeação diminui. Aquecendo-se o módulo de membrana de separação de água 10 pelo dispositivo de aquecimento provido no envoltório 11, a temperatura do líquido a ser desidratado é evitada de diminuir e, portanto, o fluxo de permeação pode ser mantido em um elevado nível.

De acordo com o método da presente forma de realização mostrado na Figura 1, o líquido 50 é alimentado ao módulo de membrana de separação de água 10 após ser pressurizado, pelo que o desempenho de membrana pode ser aumentado.

É sabido que o desempenho da membrana pode ser avaliado pelo fluxo de permeação e o fluxo de permeação é proporcional à temperatura. A Figura 4 é um gráfico mostrando esquematicamente a relação entre a temperatura e o fluxo de permeação em diferentes pressões. A linha interrompida indica a relação entre a temperatura e o fluxo de permeação de uma mistura líquida à pressão atmosférica. O ponto azeotrópico da mistura líquida à pressão atmosférica é de aproximadamente 80 °C. Em uma temperatura mais elevada do que o ponto azeotrópico, um estado de gás contido é formado. Portanto, se o líquido, tendo uma temperatura não inferior a 80 °C à pressão atmosférica, for alimentado ao módulo de reação de

membrana 10, embora um elevado fluxo de permeação possa ser provido, desvantajosamente ocorrerão problemas de cavitação e grau de aquecimento aumentado. A linha contínua indica a relação entre a temperatura e o fluxo de permeação do líquido em uma pressão de 2 atm. O ponto azeotrópico da  
5 mistura líquida em 2 atm é cerca de 100 °C e se a mistura líquida for aquecida a cerca de 100 °C, a mistura de etanol e água permanece em um estado líquido. O fluxo de permeação a cerca de 100 °C é aproximadamente 20% mais elevado do que o fluxo de permeação a cerca de 80 °C, de modo que o desempenho de separação da água pode ser aumentado. Visto que uma  
10 pressão diferencial entre o lado alimentado e o lado permeado aumenta quando em comparação com o caso à pressão atmosférica, a permeabilidade vantajosamente aumenta por cerca de 20%.

Assim, aquecendo-se o líquido 50 alimentado ao módulo de membrana de separação de água 10 em uma temperatura que é próxima ao  
15 ponto azeotrópico e menor do que o ponto azeotrópico sob pressurização, no módulo de membrana de separação de água 10 um elevado fluxo de permeação pode ser obtido e, portanto, o desempenho da membrana pode ser aumentado sem a ocorrência de problemas causados pela vaporização do líquido 50. Portanto, a desidratação pode ser realizada até a concentração de  
20 etanol no líquido 50 tornar-se não mais baixa do que 99,7% em peso, isto é, uma concentração adequada para um combustível.

A Figura 5 mostra outra forma de realização do sistema de desidratação de acordo com a presente invenção.

O sistema de desidratação mostrado na Figura 5 inclui o  
25 aparelho de desidratação 1, um dispositivo de medição da concentração de líquido 2, um regulador de fluxo 3, um dispositivo de redução de pressão 13 e uma bomba de elevação de pressão 12 como componentes principais. O dispositivo de redução de pressão 13 é conectado ao envoltório 11 do aparelho de desidratação 1. O dispositivo de medição da concentração de

líquido 2 é provido a jusante do aparelho de desidratação 1. A bomba de elevação de pressão 12 e o regulador de fluxo 3 são providos a montante do aparelho de desidratação 1. O dispositivo de medição da concentração de líquido 2 e o regulador de fluxo 3 são conectados entre si.

5 O aparelho de desidratação 1 pode ser um aparelho de desidratação da forma de realização mostrada na Figura 1 ou a sua modificação e pode ter as mesmas configuração e operação. A figura do aparelho de desidratação 1 mostrada na Figura 5 é uma vista esquemática em que a orientação do fluxo líquido, as direções da instalação dos módulos de  
10 membrana de separação de água e as posições da entrada de líquido e saída de líquido, não são exatamente mostradas.

O dispositivo de medição da concentração de líquido 2 mede a concentração de anidrido ou água contida no líquido recuperado do aparelho de desidratação 1. Especificamente, uma cromatografia gasosa, um  
15 densitômetro ou similares, podem ser usados. Um dispositivo de medição capaz de fazer medições on-line é preferivelmente utilizado.

O regulador de fluxo 3 regula a quantidade de líquido 50 alimentado ao aparelho de desidratação 1. Como o regulador de fluxo 3, um regulador de fluxo que é capaz de controlar uma válvula 4 a fim de aumentar  
20 ou diminuir a quantidade do líquido 50 alimentado ao aparelho de desidratação 1 em resposta à informação de concentração enviada do dispositivo de medição da concentração 2, pode ser usado.

Uma modificação de um método para desidratar o líquido 50, que é uma mistura de etanol e água, usando-se o sistema de desidratação da  
25 forma de realização acima descrita, é explicada.

Como mostrado na Figura 5, o líquido 50, tendo uma concentração de etanol de 95% em peso, é pressurizado pela bomba de elevação de pressão 12 e é alimentado ao aparelho de desidratação 1, através do trocador de calor 16. No aparelho de desidratação 1, a água é separada do

líquido 50 como o vapor de água 51 e o líquido 50 tendo a concentração de etanol aumentada é recuperado. A cromatografia gasosa 2, que é o dispositivo de medição da concentração de líquido provido a jusante do aparelho de desidratação 1, mede a concentração de etanol ou a água contida no líquido recuperado 50. A medição da concentração de etanol ou de água pode ser feita on-line todas as vezes. A cromatografia gasosa 2 envia o resultado da medição ao regulador de fluxo 3 conectado à cromatografia gasosa 2. O regulador de fluxo 3 regula a quantidade de líquido 50 alimentado ao aparelho de desidratação 1 em resposta ao resultado da medição da concentração de etanol. Especificamente, quando a concentração de etanol é baixa, a quantidade de líquido 50 alimentado ao aparelho de desidratação 1 é diminuída pela operação da válvula 4. Por este procedimento, a concentração de etanol na saída do aparelho de desidratação 1 é monitorada e este é alimentado de volta ao regulador de fluxo 3, em que um sistema capaz de obter etanol de qualidade estável pode ser obtido.

Como uma outra modificação da forma de realização mostrada na Figura 5, um sistema de desidratação que inclui apenas o dispositivo de medição da concentração de líquido e não inclui um regulador de fluxo, pode ser também usado. Em tal modificação, o dispositivo de medição da concentração de líquido, tal como uma cromatografia gasosa, pode simplesmente monitorar a concentração do etanol recuperado e, em alguns casos, pode agir como um barômetro do tempo de reposição da membrana de separação de água, por exemplo.

De acordo com a forma de realização mostrada na Figura 5 e a sua modificação, provendo-se o dispositivo de medição da concentração de líquido 2, a concentração de anidrido, tal como etanol, ou água na saída do aparelho de desidratação 1, pode ser detectada, de modo que anidrido de qualidade estável possa ser obtido.

A Figura 6 mostra outra forma de realização do sistema de

desidratação de acordo com a presente invenção.

O sistema de desidratação mostrado na Figura 6 inclui um primeiro aparelho de desidratação 1, um segundo aparelho de desidratação 1, um misturador 5, o dispositivo de medição da concentração de líquido 2, o regulador de fluxo 3, o dispositivo de redução de pressão 13 e a bomba de elevação de pressão 12, como componentes principais. Os dois aparelhos de desidratação 1 são conectados em série por um tubo. O misturador 5 é provido a jusante do primeiro aparelho de desidratação e a montante do segundo aparelho de desidratação.

O aparelho de desidratação 1 pode ser um aparelho de desidratação da forma de realização mostrada na Figura 1 e suas modificações, e pode ter a mesma configuração e operação. Particularmente, no sistema de desidratação mostrado na Figura 6, o primeiro aparelho de desidratação 1 é de um tipo de tratamento em paralelo, de modo que diversos módulos de membrana de separação de água 10 sejam conectados em paralelo no corpo de aparelho.

O misturador 5 é usado para misturar o líquido de desidratação que é recuperado do primeiro aparelho de desidratação 1. Como o misturador 5, por exemplo, um dispositivo tipo pá provido no cano pode ser utilizado.

Uma forma de realização de um método para desidratar uma mistura de etanol e água usando-se o sistema de desidratação da forma de realização acima descrita é explicada.

Como mostrado na Figura 6, o líquido 50 contendo 95% em peso de etanol é pressurizado pela bomba de elevação de pressão 12, sendo preferivelmente aquecido pelo trocador de calor 16, e é enviado para o primeiro aparelho de desidratação 1. No primeiro aparelho de desidratação 1, a água é separada do líquido 50 como o vapor de água 51, pelos módulos de membrana de separação de água, e o líquido 50 tendo a concentração de etanol aumentada é recuperado. Em alguns casos, o líquido 50 pode ter uma

diferente concentração de etanol, dependendo das diferenças individuais entre os módulos de membrana de separação de água. Em seguida, o líquido 50 de cada módulo é coletado em um cano e é suprido ao misturador 5. No misturador 5, o líquido 50 é suficientemente misturado, de modo que a  
5 concentração torne-se uniforme e este é alimentado ao segundo aparelho de desidratação 1. No segundo aparelho de desidratação 1, a água é ainda separada do líquido 50 como o vapor de água 51 e o etanol, desidratado com uma pureza mais elevada, é recuperado.

Como uma modificação da forma de realização acima descrita,  
10 um sistema de desidratação, em que três ou mais aparelho de desidratação 1 são conectados em série, pode também ser utilizado. Neste caso também, igualmente, os misturadores são providos a montante do segundo e subsequentes aparelhos de desidratação. Isto é, o misturador é provido entre os dois aparelhos de desidratação adjacentes em série. O sistema de  
15 desidratação da presente forma de realização pode ser um sistema que não inclua o dispositivo de medição da concentração de líquido 2 e o regulador de fluxo 3.

Além disso, na forma de realização mostrada na Figura 6, a bomba de elevação de pressão é provida a montante do primeiro aparelho de  
20 desidratação somente e o regulador de pressão é provido a jusante do segundo aparelho de desidratação somente. Entretanto, para cada um dos aparelhos de desidratação, a bomba de elevação de pressão pode ser provida a montante e o regulador de pressão pode ser provido a jusante.

De acordo com a forma de realização mostrada na Figura 6 e a  
25 sua modificação, provendo-se o misturador 5, o líquido 50 pode ser alimentado a jusante do aparelho de desidratação 1, após as variações de concentração do anidrido no líquido 50, recuperado do módulo de membrana de separação de água, que pode ser gerado no aparelho de desidratação 1 provido com a pluralidade de módulos de membrana de separação de água,

são eliminados e o líquido 50 recuperado é tornado uniforme. Sem a mistura do misturador 5, a desidratação no primeiro aparelho de desidratação 1 pode tornar-se inútil. Por exemplo, no caso de o líquido recuperado de alguns módulos de membrana de separação de água atingir uma concentração de anidrido de 99,9%, que é acima da concentração alvo, e o líquido recuperado de outros módulos de membrana de separação de água atingir uma concentração de anidrido de 97,0%, que é abaixo da concentração alvo, se o misturador 5 estiver ausente, o líquido 50 contendo diferentes concentrações será alimentado ao segundo aparelho de desidratação como é. Neste momento, mesmo se o líquido tendo uma concentração de anidrido de 99,9% for alimentado aos módulos de membrana de separação de água do segundo aparelho de desidratação e o procedimento de desidratação for ainda conduzido, outro efeito de desidratação pode não ser alcançado e o procedimento seria inútil. Por outro lado, mesmo se o líquido tendo uma concentração de anidrido de 97,0% for alimentado aos módulos de membrana de separação de água do segundo aparelho de desidratação e o procedimento de desidratação for ainda conduzido, a concentração alvo poderia não ser alcançada e, em alguns caso, a concentração de anidrido finalmente obtida não alcançaria a concentração alvo. Ao contrário, no caso em que a concentração de anidrido no líquido 50 de cada módulo de membrana de separação de água for tornada uniforme pelo misturador 5, e este líquido 50 for alimentado ao segundo aparelho de desidratação 1, pelo menos um procedimento inútil não é realizado e o efeito de desidratação no primeiro aparelho de desidratação 1 é colocado, em seguida, em bom uso no aparelho de desidratação 1. Assim, provendo-se o misturador 5, o efeito de desidratação no primeiro aparelho de desidratação 1 pode ser confiavelmente refletido no aparelho de desidratação subsequente e o sistema de desidratação pode ser estabilizado totalmente.

## REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de desidratação, caracterizado pelo fato de compreender:

um aparelho de desidratação compreendendo: em um corpo de aparelho de desidratação,

um módulo de membrana de separação de água em que uma membrana de separação de água, tendo pelo menos um trajeto de fluxo, estendendo-se nas direções ascendente e descendente, para fazer com que um líquido passe através, é provida com uma entrada de líquido no fundo da mesma e uma saída de líquido no topo da mesma; e

um envoltório, definido pela superfície externa do módulo de membrana de separação de água e a parede interna do corpo de aparelho de desidratação, em que

água no líquido permeia a membrana de separação de água para mover-se até o envoltório, enquanto o líquido eleva-se na membrana de separação de água, pela qual o líquido é desidratado;

um dispositivo de redução de pressão, para reduzir a pressão no envoltório;

um dispositivo de pressão para pressurizar o líquido antes de o líquido ser alimentado ao módulo de membrana de separação de água; e

um dispositivo de aquecimento, para aquecer o líquido pressurizado antes de o líquido ser alimentado ao módulo de membrana de separação de água.

2. Sistema de desidratação de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de ainda compreender um dispositivo de medição de concentração de líquido a jusante do aparelho de desidratação.

3. Sistema de desidratação de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente um regulador de fluxo de líquido, que é conectado ao dispositivo de medição de concentração de

líquido, a jusante do aparelho de desidratação.

4. Sistema de desidratação de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de:

5 o aparelho de desidratação ter pelo menos dois módulos de membrana de separação de água;

pelo menos dois aparelhos de desidratação serem conectados em série; e

10 um misturador para misturar o líquido recuperado do aparelho de desidratação a montante ser ainda provido em um tubo para conectar os dois aparelhos de desidratação.

5. Método de desidratação, caracterizado pelo fato de compreender:

15 passar um líquido através de uma membrana de separação de água tendo pelo menos um trajeto de fluxo estendendo-se nas direções ascendente e descendente de uma entrada de base em direção a uma saída de topo; e

reduzir a pressão do lado externo da membrana de separação de água, de modo que a água no líquido permeie a membrana de separação de água para o exterior,

20 em que o líquido é alimentado à membrana de separação de água em um estado de ser aquecido sob pressurização.

6. Método de desidratação de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de ainda compreender as etapas de:

25 medir a concentração de anidrido ou água no líquido desidratado; e

regular a quantidade de líquido alimentado à membrana de separação de água em resposta à concentração.

7. Método de desidratação de acordo com a reivindicação 5 ou 6, caracterizado pelo fato de ainda compreender as etapas de:

realizar a desidratação usando-se pelo menos duas membranas de separação de água dispostas em paralelo;

misturar o líquido recuperado da membrana de separação de água; e

5 hidratar o líquido misturado usando-se ainda a membrana de separação de água.

FIGURA 1

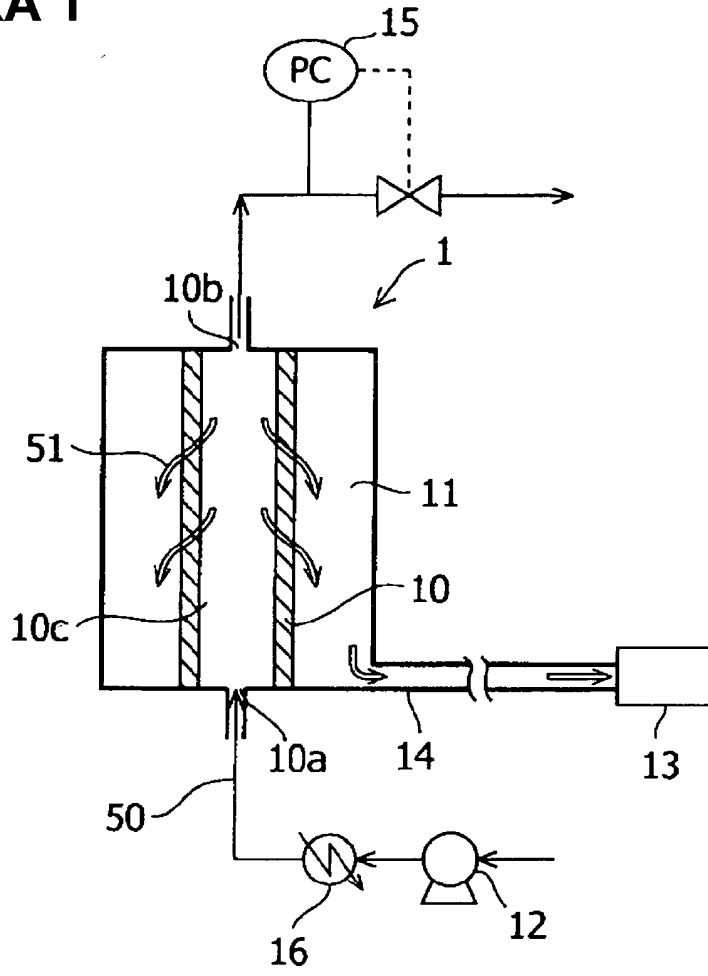


FIGURA 2

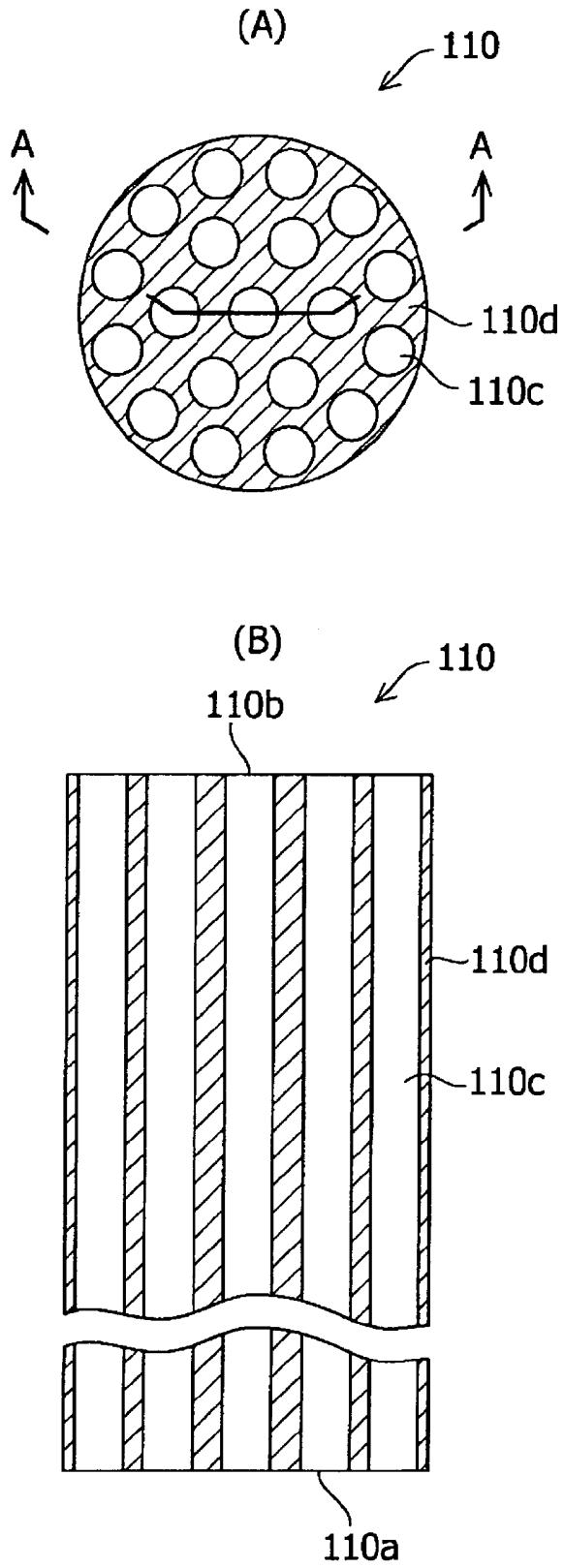


FIGURA 3

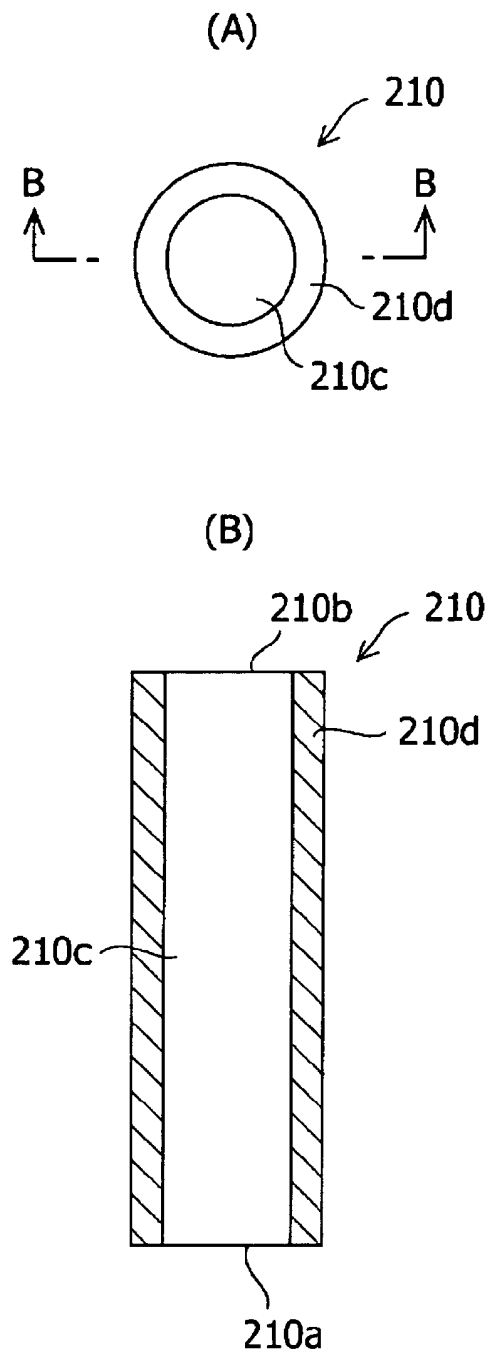


FIGURA 4

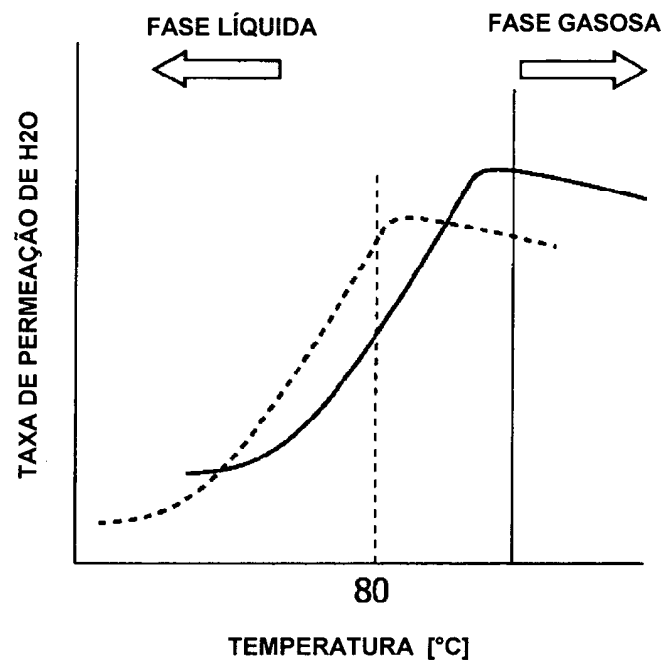


FIGURA 5

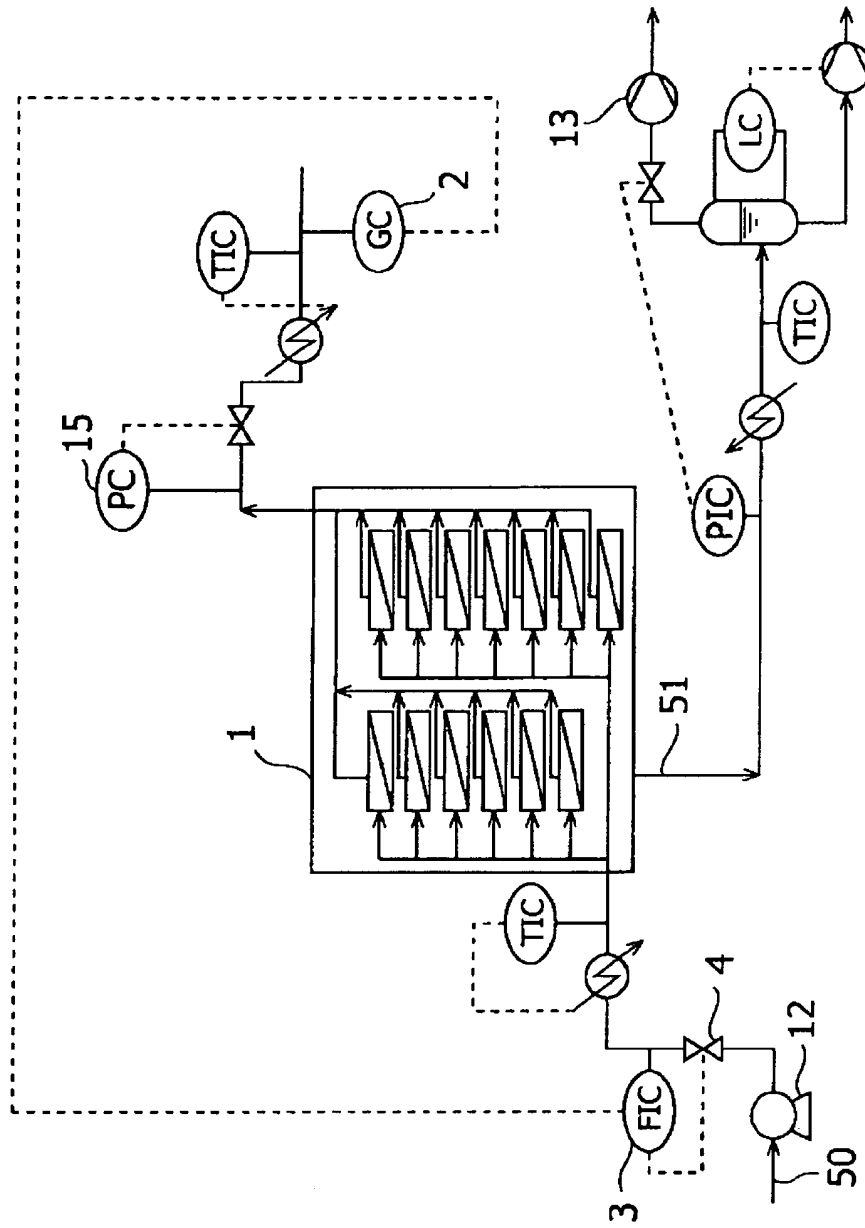
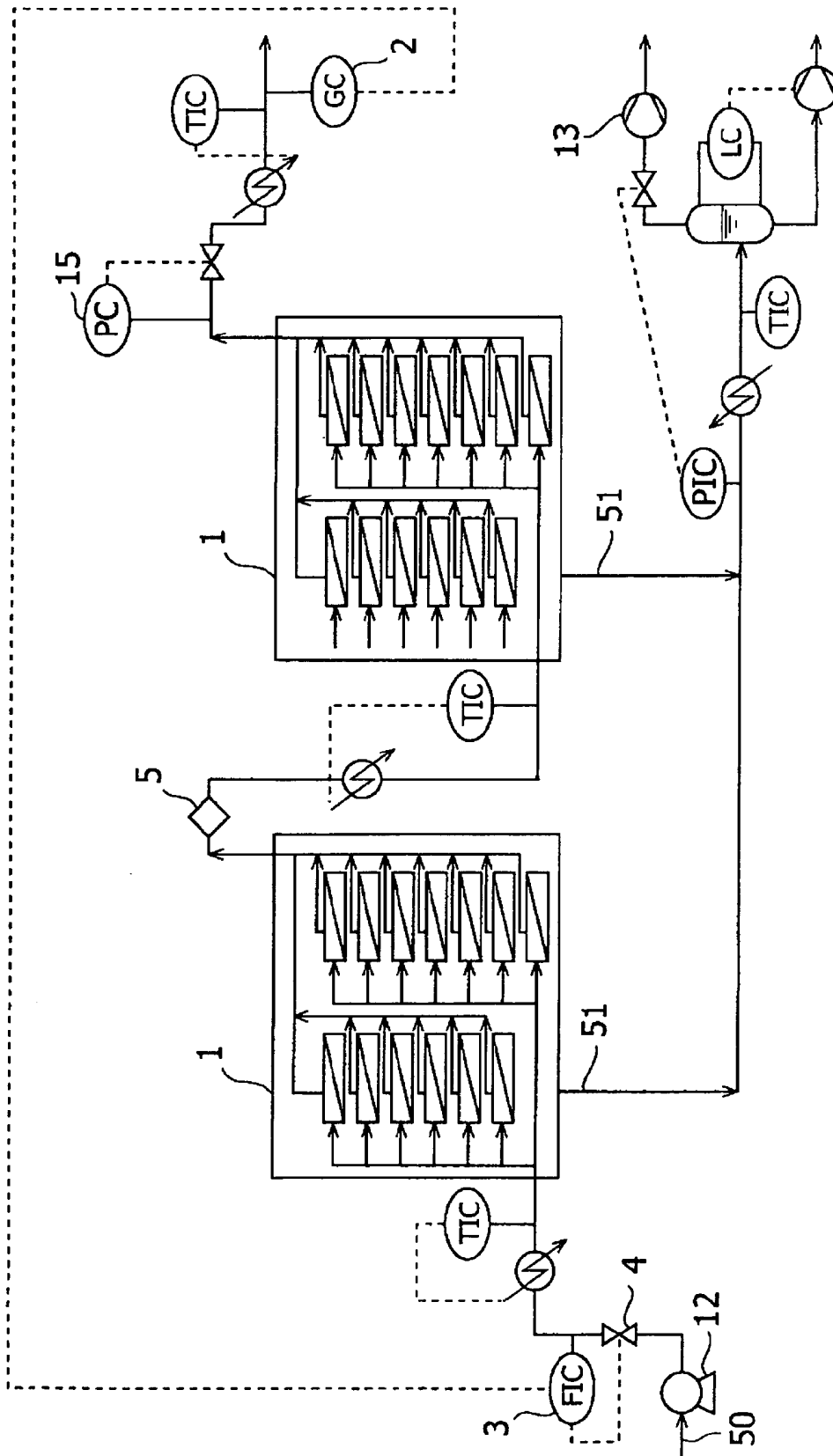


FIGURA 6



RESUMO

## “SISTEMA E MÉTODO DE DESIDRATAÇÃO”

Um sistema de desidratação, tendo melhorado desempenho de membrana. O sistema de desidratação inclui um dispositivo de desidratação (1), meio de redução de pressão (13), meio de pressurização e meio de aquecimento. O dispositivo de desidratação (1) tem, provido em um corpo de dispositivo de desidratação (1), uma seção de diafragma de separação de água (10) e uma seção de envoltório (11). A seção de diafragma de separação de água (10) é provida com uma entrada de líquido e uma saída de líquido. A entrada de líquido é formada na parte inferior de uma membrana de separação de água, tendo um ou mais trajetos de fluxo estendendo-se verticalmente, que permitem ao líquido (50) passar através dela, e a saída de líquido é formada na parte superior da membrana de separação de água. A seção de envoltório (11) é definida pela superfície externa da seção de membrana de separação de água e pela parede interna do corpo do dispositivo. No dispositivo de desidratação (1), a água no líquido (50) permeia, enquanto ela aumenta no trajeto de fluxo através da membrana de separação de água e é descarregada na seção de envoltório para desidratar o líquido. O meio de redução de pressão reduz a pressão na seção de envoltório (11). O meio de pressurização pressuriza o líquido antes dele ser suprido à membrana de separação de água. O meio de aquecimento aquece o líquido pressurizado