

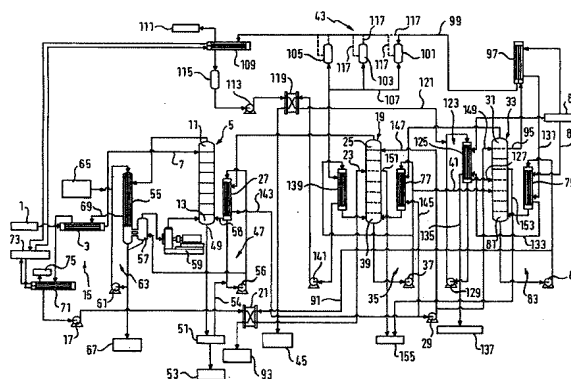


★ B R P I O 7 1 7 5 2 0 A 2 ★

(51) Int.Cl.:
B01D 3/00
B01D 3/14
B01D 3/36

(57) Resumo:

(87) Publicação Internacional: WO 2008/046634de
24/04/2008



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"INSTALAÇÃO PARA DESTILAÇÃO DE ÁLCOOL, ESPECIALMENTE ÁLCOOL ETÍLICO, DE MOSTO FERMENTADO"**.

Descrição

5 A presente invenção refere-se a uma instalação para destilar álcool, especialmente álcool etílico de mosto fermentado.

Além de benzina e óleo diesel, o álcool etílico também é indicado como combustível para o acionamento de motores de combustão interna. Naturalmente a produção convencional de álcool etílico proveniente de ma-
10 térias primas agrícolas regeneráveis demanda um consumo de energia relativamente elevado. Em uma instalação de destilação convencional o álcool é extraído de mosto fermentado, ou seja, fermentado e, conseqüentemente, contendo álcool por meio de uma coluna de destilação, também chamada
15 coluna de mosto. Como a concentração de álcool do álcool bruto extraído na coluna de destilação é relativamente pequena, a concentração de álcool precisa ser aumentada em uma coluna de retificação subsequente e, opcionalmente, em um processo de desidratação até um valor suficiente à sua utilização posterior como combustível ou álcool industrial.

A demanda de energia da instalação de destilação é determinada em grande parte pela demanda de energia da coluna de retificação. Que
20 normalmente é aquecida pelo vapor fresco. A coluna de destilação, por sua vez, pode ser aquecida com economia de energia pela recuperação da energia de calor, por exemplo do vapor de topo da coluna de retificação.

É tarefa da invenção indicar uma instalação de destilação para
25 álcool produzido a partir de matérias primas agrícolas regeneráveis, especialmente álcool etílico, que rende o suficiente até então com pouca energia operacional.

A invenção parte de uma instalação para destilação de álcool, especialmente álcool etílico proveniente de mosto fermentado, que compre-
30 ende pelo menos uma coluna de destilação que extrai álcool bruto a partir do mosto fermentado, e de uma coluna de retificação que aumenta a concentração de álcool, conectada em série a jusante da coluna de destilação.

A melhoria, de acordo com a invenção, reside no fato de ser conectada em série a jusante a pelo menos uma coluna de destilação, uma coluna de concentração que concentra o álcool bruto da coluna de destilação, cujo condensado de vapor de topo pode ser conduzido como refluxo pelo topo à coluna de retificação e a partir de cuja base pode ser conduzida uma mistura de álcool-água como afluxo a ser concentrado à coluna de retificação.

O vapor de topo da coluna de concentração já é composto de álcool retificado. Devido ao teor de álcool na base da coluna de concentração, a diferença de temperatura é pequena em relação ao topo da coluna. A coluna de concentração, por isso, pode ser integrada sem qualquer problema ao balanço de calor da instalação de destilação, ou seja, pode ser aquecida através da energia de fluxos de produto de outros estágios da instalação de destilação.

Convencionalmente, o etanol é retificado até um ponto azeotrópico, ou seja, até uma concentração de aproximadamente 96% em volume no produto final. Verificou-se que para o uso como combustível ou álcool industrial é suficiente uma retificação de até aproximadamente 96% em volume, especialmente se o etanol etílico a ser concentrado de tal maneira, for desidratado em um estágio seguinte, especialmente em um arranjo de peneira molecular. A demanda de energia da instalação de destilação pode ser consideravelmente reduzida por delimitação da retificação a uma concentração de álcool de aproximadamente 94% em volume, especialmente se ao mesmo tempo seja possibilitado que a temperatura de destilação da coluna de destilação seja mantida abaixo de 85°C. A demanda de energia da coluna de destilação é assim também reduzida, e pode ser atendida em grande parte a partir do efluxo de energia especialmente da coluna de retificação. Em um arranjo preferido, é por isso previsto que a coluna de destilação extraia o álcool bruto a uma temperatura de destilação inferior a 85°C e a coluna de retificação aumente a concentração do álcool bruto para aproximadamente 94% em volume. Essa ideia também possui uma importância inventiva independente. Uma temperatura de destilação inferior a 85°C é indicada especialmente para matérias primas de mosto com uma porcentagem de

proteína relativamente elevada, como é o caso por exemplo de centeio, trigo, cevada etc. Se, devido à pequena concentração na coluna de retificação permanecerem componentes secundários no produto final de álcool, então isso será tolerável no caso do uso previsto para combustível ou álcool industrial.

O álcool retificado pode ser convencionalmente desidratado. Porém, preferivelmente é conectado em série um arranjo de peneira molecular a jusante da coluna de retificação, para a desidratação do álcool retificado. A coluna de retificação é operada, neste caso, convenientemente com sobrepressão de topo, por exemplo, de até 300 kpa (3 bar), de forma que o álcool retificado que se acumula na forma de vapor dentro da coluna de retificação possa ser conduzido ao arranjo de peneira molecular já na forma de vapor. O álcool retificado pode ser conduzido ao arranjo de peneira molecular, opcionalmente, através de um superaquecedor, por exemplo através de um superaquecedor aquecido com vapor fresco.

O conteúdo de calor do álcool desidratado no arranjo de peneira molecular pode ser utilizado para a melhoria do balanço de calor da instalação de destilação, se um refeedor (reboiler) que aquece a coluna de concentração for aquecido pelo álcool desidratado. O arranjo de peneira molecular apresenta, pelo menos, duas peneiras moleculares, que alternadamente em um modo de secagem, no qual o álcool retificado é desidratado sob pressão elevada, e em um modo de regeneração, no qual a peneira molecular é lavada sob pressão reduzida com álcool desidratado, sendo que essa porção do álcool desidratado é novamente umedecida. Em um arranjo preferido é previsto que a peneira molecular operada no modo de secagem extraia o álcool desidratado através do refeedor da coluna de concentração, enquanto a outra peneira molecular operada no modo de regeneração absorve uma porção do álcool desidratado e conduz como afluxo a ser retificado um evaporador aquecido com vapor fresco, especialmente evaporador de película de queda, a coluna de retificação. O álcool umedecido no modo de regeneração, ou seja, diluído com água, é conduzido desse modo novamente à retificação.

A demanda de energia do álcool desidratado no arranjo de peneira molecular em geral não é suficiente para o aquecimento da coluna de concentração. Em um arranjo preferido a coluna de concentração é aquecida através de um outro refeedor, que por sua vez, é aquecido por vapor de topo da coluna de retificação. Um refeedor atribuído à coluna de retificação é, por sua vez, aquecido por vapor fresco, para poder atender a demanda de energia da coluna de retificação. O ou os refeedor(es) da coluna de concentração e/ou o refeedor da coluna de retificação são projetados convenientemente como evaporadores dispostos em um sistema de circulação forçada. Neste caso, são utilizados preferivelmente evaporadores de filme em queda, uma vez que estes se destacam por uma diferença de temperatura relativamente pequena entre a temperatura de aquecimento e a temperatura de evaporação. O sistema de circulação forçada do refeedor da coluna de concentração, neste caso, é conduzido através de sua base, sendo que o afluxo de álcool da coluna de retificação é desviado desse sistema de circulação forçada. O condensado do refeedor da coluna de destilação e/ou do refeedor da coluna de concentração é conduzido convenientemente como refluxo à coluna de concentração, e/ou à coluna de retificação.

O refeedor aquecido pelo álcool desidratado da coluna de concentração em geral não condensa o álcool desidratado totalmente. O conteúdo de calor do álcool desidratado pode ser utilizado para o pré-aquecimento da mistura álcool-água condensada, conforme ela no modo de regeneração do arranjo de peneira molecular deixa seu condensador.

O vapor de topo da coluna de concentração é convenientemente explorado para o aquecimento da coluna de destilação. O refeedor aquecido pelo vapor de topo da coluna de destilação forma, ao mesmo tempo, o condensador da coluna de concentração, sendo que o condensado do vapor de topo pode ser conduzido como refluxo à coluna de concentração e/ou à coluna de retificação. Correspondentemente, o condensado do refeedor da coluna de concentração, aquecido pelo vapor de topo da coluna de retificação, também pode ser conduzido como refluxo a esta coluna e/ou à coluna de retificação.

É conhecido aquecer a coluna de destilação através de um re-
fervedor projetado como evaporador de circulação forçada. No caso desse
refervedor é desvantajoso o fato de a vinhaça conduzida no circuito no eva-
porador de circulação forçada ter que ser sempre superaquecida, o que difi-
5 culta a integração do refrervedor ao balanço de energia da instalação de des-
tilação, pois o vapor conduzido para o aquecimento do refrervedor por exem-
plo a partir de um outro estágio de processo precisa se encontrar em um
nível de temperatura relativamente alto para possibilitar uma evaporação de
alívio na coluna de destilação. Se, em contrapartida, for utilizado um evapo-
10 rador de película de queda, então a evaporação não será feita na coluna de
destilação, diferentemente do que ocorre em evaporadores de circulação
forçada até então em vigor, mas sim diretamente no refrervedor. O produto
não precisa ser superaquecido para a evaporação de alívio na coluna de
destilação e, correspondentemente, basta uma diferença de temperatura
15 relativamente pequena entre o lado de aquecimento e o lado do produto do
evaporador de filme em queda.

Em um arranjo preferido da invenção, que também apresenta
uma importância inventiva independente, é previsto que possa ser conduzida
vinhaça que se acumula na coluna de destilação, a um dispositivo separador
20 que separa a vinha em uma fração de matéria sólida e uma fração líquida,
que seja atribuído à coluna de destilação, para seu aquecimento, um refer-
vedor projetado como evaporador de película de queda, aquecido por vapor
de topo de uma coluna subsequente no fluxo de produto, que aumenta a
concentração de álcool, ou aquecido por vapor fresco, e pelo menos uma
25 parte da fração líquida seja conduzida em uma circulação forçada através do
evaporador de película de queda e que pelo menos uma parte da fração lí-
quida que circula na circulação forçada ou o vapor dela possa ser conduzido
à coluna de destilação para seu aquecimento. O evaporador de película de
queda utilizado como refrervedor da coluna de destilação pode ser integrado
30 sem qualquer problema ao balanço de energia da instalação de destilação.
Como a fração de matéria sólida da vinhaça no dispositivo separador proje-
tado, por exemplo, como decantador, é separada e naturalmente a fração

líquida circula pela circulação forçada, a sujeira do evaporador de película de queda sensível à sujeira é satisfatoriamente evitada. A fração de matéria sólida separada é removida do processo. Convenientemente, o vapor produzido no evaporador de película de queda é conduzido diretamente para dentro da coluna de destilação para o aquecimento.

Em um arranjo preferido, o evaporador de película de queda que forma o refulvador da coluna de destilação é aquecido através da coluna de concentração disposta no fluxo do produto de álcool, entre a coluna de destilação e a coluna de retificação, e que aumenta a concentração do álcool bruto. Na verdade, desse modo é recuperada uma parte da energia dispendida para o aquecimento da coluna de concentração, essa energia porém não é suficiente, dependendo das circunstâncias, para o aquecimento completo da coluna de destilação, após a coluna de concentração, ser comparada com uma coluna de retificação convencional, sendo operada em um nível baixo de energia. No caso particular, por isso, a demanda de energia da coluna de destilação precisa ser complementada de uma outra forma.

Para complementar a demanda de energia da coluna de destilação, é possível, de maneira em si conhecida, prever um evaporador de circulação forçada, que é aquecido por vapor de topo da coluna de destilação. Como a pressão e a temperatura do vapor de topo da coluna de destilação não são suficientes para a operação do evaporador de circulação forçada, é conhecido aumentar a pressão e a temperatura do vapor de topo por meio de um compressor. Como o compressor comprime o vapor contendo álcool, o compressor precisa ser executado à prova de explosão, o que aumenta consideravelmente o custo de construção.

Em um arranjo preferido, que também possui importância inventiva independente, é previsto que o vapor de álcool bruto da coluna de destilação possa ser pelo menos parcialmente condensado em um evaporador utilizado para gerar vapor d'água e o vapor d'água possa ser conduzido, através de um compressor mecânico, que aumenta a pressão e/ou a temperatura do vapor d'água, da coluna de destilação ou de uma outra coluna de destilação, que extrai do mosto fermentado como álcool bruto, para seu a-

quecimento.

O compressor comprime, portanto, vapor d'água livre de álcool e não precisa ser projetado portanto à prova de explosão. Como se trata de um compressor mecânico, ele pode ser acionado eletricamente, o que pode ser feito de modo relativamente simples e a baixo custo. A demanda de energia da coluna de destilação pode ser complementada sem que o conteúdo de energia do vapor de topo da coluna de concentração ou de um outro estágio da instalação de destilação, precise ser aumentado, naturalmente, sob o ponto de vista do aquecimento da coluna de destilação.

O vapor d'água comprimido por meio do compressor mecânico pode ser conduzido adicionalmente à coluna de destilação parcialmente aquecida já por meio do refulvador. No caso de uma coluna de destilação de múltiplos estágios, por exemplo, de dois estágios, uma primeira coluna de destilação pode ser aquecida através do vapor de topo de uma coluna subsequente, que aumenta a concentração de álcool, por exemplo da coluna de concentração ou coluna de retificação, enquanto a segunda coluna de destilação é aquecida através do vapor d'água comprimido do compressor mecânico. O mosto é conduzido paralelamente às duas colunas de destilação, sendo que porém a segunda coluna de destilação é operada preferivelmente sob uma temperatura de topo mais baixa e a uma pressão mais baixa do que a primeira coluna de destilação.

Preferivelmente trata-se, no caso do evaporador que produz o vapor d'água, de um evaporador de película de queda para poder utilizar energeticamente neste caso a diferença de temperatura baixa no caso do evaporador de película de queda entre temperatura de aquecimento e temperatura de evaporação. O evaporador de película de queda é convenientemente disposto em uma circulação para água doce, vinhaça, ou vapor de vinhaça para a geração do vapor d'água. A produção do vapor d'água a partir de vinhaça ou vapor de vinhaça apresenta a vantagem de que o vapor d'água mostra temperatura suficiente, já que a vinhaça é extraída da base aquecida da coluna de destilação. Se for utilizada água doce, então esta deverá ser preaquecida. Naturalmente, no caso da utilização de água doce evi-

ta-se que componentes presentes na vinhaça se transformem em substâncias voláteis através de reações de craqueamento, que podem alcançar o álcool bruto. A utilização de água doce minimiza reações de desnaturação e depósitos no evaporador de película de queda. O compressor mecânico, porém, é preferivelmente conectado ao circuito de circulação através de um separador que separa o vapor d'água, especialmente um separador de alívio.

O compressor mecânico pode ser construído como compressor de roda de pás. Naturalmente que o compressor também pode compreender vários estágios mecânicos conectados em série.

A seguir, a invenção é mais detalhadamente esclarecida com base em um desenho. A figura do desenho mostra um diagrama de circuito esquemático de um álcool etílico resultante de uma instalação de destilação que produz mosto fermentado.

É conduzido à instalação de destilação apropriada para a produção de álcool etílico como combustível para motores de combustão interna ou para fins industriais, mosto de matéria-prima agrícola regenerável, fermentado a partir de um estágio preliminar 1 do processo de produção de álcool, ou seja fermentado e, portanto, contendo álcool etílico, com porção de proteína relativamente alta, como por exemplo centeio, trigo e cevada, etc. O mosto é aquecido em um preaquecedor 3 na temperatura de destilação de uma coluna de destilação 5 e conduzido à coluna de destilação 5 através de um tubo 7. O topo, a coluna de destilação 5 muitas vezes chamada de coluna de mosto, é sugerido pelo número 11, sua base pelo número 13.

O álcool bruto extraído do topo 11 da coluna de destilação 5 como vapor de álcool, é condensado em um arranjo de condensador 15, neste caso de múltiplos estágios, e ao mesmo tempo utilizado para a recuperação de energia de calor presente no álcool bruto, e conduzido na forma líquida como afluxo, por meio de uma bomba de transporte 17, através do preaquecedor 21 que aquece o álcool bruto na temperatura de retificação de uma coluna de concentração 19. A coluna de concentração 19 aumenta o teor de álcool do álcool bruto da coluna de destilação no topo já para apro-

ximadamente 94% em volume; o etanol remanescente no fundo é separado na coluna de retificação 33 do resíduo fermentado (lutteruvasser).

O vapor de álcool retificado, extraído do topo 25 da coluna de concentração 19, conforme adiante é mais detalhadamente esclarecido, é condensado em um refeedor 27 que aquece a coluna de destilação 5, utilizado como condensador de topo da coluna de concentração 19, e conduzido como refluxo tanto ao topo 25 da coluna de concentração 19 como ao topo 31 de uma coluna de retificação 33 conectada em série a jusante da coluna de concentração 19. A mistura etanol-água serve como refluxo da coluna de retificação 33, a qual é extraída através de uma circulação forçada 35 por meio de uma bomba de transporte 37, a partir da base 39 da coluna de concentração 19, e conduzida através de um tubo 41 à coluna de retificação 33.

O álcool etílico posteriormente concentrado na coluna de retificação 33 é desidratado em um arranjo de peneira molecular 43, e fica à disposição como álcool etílico retificado e desidratado em 45, como produto final.

A demanda de energia da instalação de destilação é determinada, primeiramente, através da demanda de energia da concentração e menos pela extração do álcool bruto a partir do mosto. A retificação é feita em dois estágios, ou seja, na coluna de concentração 19 e na coluna de retificação 33. Como o refluxo da coluna de retificação 33 é retirado do produto final da coluna de concentração 19 e o afluxo da coluna de retificação 33 é retirado da base 39 da coluna de concentração 19, a diferença de temperatura da base 39 em relação ao topo 25 da coluna de concentração 19 é relativamente pequena, de forma que a coluna de concentração 19 possa ser integrada satisfatoriamente no balanço de calor da instalação de destilação, se a coluna de retificação 33 for operada apenas com uma temperatura de topo entre 85 a 100°C. Para a redução da demanda de energia da instalação de destilação é fundamental que a coluna de retificação 33 concentre o álcool apenas em aproximadamente 94% em volume, antes do álcool retificado 43 ser conduzido ao arranjo de peneira molecular para a desidratação. Ao mesmo tempo, a temperatura de destilação da coluna de destilação 5 é limitada a

uma temperatura inferior a 85°C, de maneira que o processo de destilação seja realizado em um nível de energia mais baixo do que o até então vigente.

O refeedor 27 aquecido por vapor de topo da coluna de concentração 19 e que condensa o vapor de topo, é projetado como evaporador de película de queda e aquece a base 13 da coluna de destilação 5. A vinhaça que se acumula na coluna de destilação, livre de álcool, é conduzida a um decantador através de uma saída da base 49, que divide a vinhaça em uma fração de matéria sólida distante do processo em 53, e uma fração líquida, introduzida através de um tubo 54 a jusante do refeedor 27, porém antes de uma bomba de transporte 56 na circulação forçada 47. Na circulação forçada 47 não circula vinhaça, portanto, diferentemente do que ocorre em refeedores convencionais com base em um evaporador de circulação forçada, mas sim sua fração líquida amplamente livre de matérias sólidas. Uma parte da fração líquida aquecida no evaporador de película de queda 27 da vinhaça ou vapor daí obtido, é retornada em 58 diretamente à base 13 da coluna de destilação 5, para seu aquecimento. A vantagem do evaporador de película de queda 27 de que a temperatura do vapor de topo conduzido ao seu terminal que aloja o vapor de topo da coluna de concentração 19, deve ser apenas um pouco maior, por exemplo 5°C maior do que a temperatura de ebulição do produto a ser evaporado, neste caso, da fração líquida, facilita a integração da instalação ao balanço de energia da instalação de destilação. A demanda de energia necessária para o aquecimento da coluna de destilação 5 pode, portanto, ser disponibilizada em um nível mais baixo de temperatura do que o até então vigente.

No caso do exemplo de concretização ilustrado, a vinhaça é extraída em um ponto situado o mais baixo na base 13. Naturalmente que a vinhaça também pode ser extraída em um ponto situado acima, por exemplo na área do fundo mais inferior da coluna de destilação 5, de forma que a circulação forçada 47 que conduz a fração líquida possa também, se necessário, passar diretamente pela base 13.

O arranjo de condensador 15, que condensa o vapor de álcool

bruto a partir do topo 11 da coluna de destilação 5, compreende como primeiro estágio um evaporador de película de queda 55, para a produção de vapor d'água à baixa pressão, que é encaminhado a um compressor mecânico 59 através de um separados 57 de alívio – por gravidade 57. O compressor mecânico 59 aumenta a pressão e a temperatura do vapor d'água e insufla o vapor d'água comprimido diretamente na base 13 para o aquecimento adicional da coluna de destilação 5. Desse modo, uma parte do calor de condensação do vapor de topo de álcool etílico da coluna de destilação 5 é recuperada para o aquecimento da coluna de destilação. Como o compressor mecânico 59, diferentemente do que ocorre em compressores de vapor convencionais, não comprime vapores de álcool, mas sim vapor d'água, o compressor 59 não precisa ser projetado à prova de explosão.

O evaporador de película de filme de queda 55 fica disposto em uma circulação forçada provida de uma bomba 63, e evapora água doce que circula no circuito de circulação forçada, que é conduzida em 65 a partir de uma fonte não ilustrada na forma preaquecida. A fração líquida ou vinhaça líquida que flui a partir do circuito de circulação forçada 47 a jusante da bomba 56, é conduzida através do separador 57 ao circuito de circulação forçada 63 do evaporador de película de queda 57, complementarmente à alimentação de água doce, e deixa o circuito de circulação fechada 63 e, portanto, o processo em 67.

O vapor d'água à baixa pressão apresenta no lado de entrada do compressor 59 uma pressão de por exemplo aproximadamente 20 a 25 KPa (200 a 250 mbar) e é aumentada pelo compressor 59 para uma pressão de saída entre 50 e 60 Kpa (500 e 600 mbar) sob uma temperatura entre 70 e 90°C. O compressor mecânico pode ser projetado como compressor de estágio único ou de múltiplos estágios. São adequados compressores rotativos, mas também compressores de roda de pás ou ventiladores. Como o compressor 59 é acionado por motor elétrico, a energia de acionamento pode ser disponibilizada mais facilmente do que ocorre por exemplo em um compressor por jato de vapor.

A coluna de destilação 5 trabalha convenientemente em uma

temperatura de topo entre 55 e 75°C e com uma pressão de topo entre 30 e 50 Kpa (300 e 500mbar). A princípio, ao invés do evaporador de filme de queda 55, também poderia ser utilizado um outro modelo de evaporador. Porém, a vantagem do evaporador de película de queda é sua pequena diferença de temperatura de por exemplo 5°C entre a temperatura de entrada do vapor de álcool bruto da coluna de destilação 5 a ser condensado pelo menos parcialmente e a temperatura de saída do vapor d'água a baixa pressão. Desse modo, pode ser reduzida a potência do compressor 59.

Aparece não detalhadamente ilustrada uma variante, na qual o vapor produzido da forma acima mostrada pelo evaporador de película de filme de queda 55 com calor de condensação da coluna de destilação 5, e comprimido pelo compressor 59, não é conduzido à coluna de destilação 5 para o aquecimento, mas sim a uma outra coluna de destilação, cujo vapor de álcool bruto opera então o preaquecedor 3. Como essa outra coluna de destilação é operada com uma temperatura de destilação mais baixa do que a da coluna de destilação 5, a energia a ser dispendida para o acionamento do compressor mecânico 59 pode ser reduzida ainda mais. As duas colunas de destilação, no que diz respeito à condução do mosto, operam paralelamente e no que diz respeito ao balanço de energia, em série.

No exemplo de concretização ilustrado, é conduzida água doce ao circuito de circulação forçada 63, o que diminui o risco de reações de desnaturação e formação de componentes secundários. Naturalmente que no circuito de circulação forçada 63 também pode-se trabalhar exclusivamente com fração líquida ou vinhaça líquida.

Como o vapor de álcool bruto da coluna de destilação 5 não é completamente condensado no evaporador de película de queda 55, a porção de vapor não condensada em 69 é conduzida ao preaquecedor 3 que forma o segundo estágio do arranjo de condensação 15, para o pré-aquecimento do mosto. O vapor de saída do preaquecedor 3 é conduzido finalmente a um condensador principal 71, que forma o terceiro estágio do arranjo de condensação 15, e conduz o álcool bruto como condensado líquido através da bomba de transporte 17 para então ser encaminhado à coluna

de concentração 19. O condensador principal 71 fica conectado a uma fonte de água fria 73 e, além disso, é conectado a uma bomba a vácuo 75, através da qual a subpressão é estabelecida na instalação de destilação.

5 No exemplo de concretização ilustrado, o mosto da coluna de destilação 5 é conduzido próximo ao seu topo 11, sendo dispensada uma área de concentração separada da coluna de concentração 19. De forma correspondente, o álcool bruto que deixa o condensador principal 71 apresenta uma concentração de apenas 40 a 60% em volume. A demanda de energia da coluna de destilação 5 é relativamente pequena. A concentração
10 do álcool bruto é feita na coluna de concentração 19 e em seguida na coluna de retificação 33. Como a retificação é dividida em dois estágios, também é possível neste caso trabalhar favoravelmente em termos de energia. Porém, naturalmente que a coluna de destilação 5 também pode compreender em determinado escopo fundos adicionais para a concentração.

15 A coluna de concentração 19 é aquecida, primeiramente, através de um refeedor 77 projetado como evaporador de película de queda, que ao mesmo tempo forma o condensador de topo da coluna de retificação 33. O refeedor 77 fica conectado ao circuito de circulação forçada 35 condutor através da base 39 da coluna de concentração 19.

20 A coluna de retificação 33 é aquecida de forma similar primeiramente através de um refeedor projetado como evaporador de película de queda 79, que fica conectado a um circuito de circulação forçada 83 conduzido através da base 81 da coluna de retificação. Uma bomba de transporte do circuito de circulação forçada 83 aparece ilustrado pelo número 85. O
25 refeedor 79 é aquecido pelo vapor fresco, que é conduzido a ele a partir de uma fonte de vapor fresco 87, por meio de um tubo 89. O resíduo fermentado que circula no circuito de circulação forçada 83 que vem da base 81 é extraída a jusante da bomba 85 através de um tubo 91, depois dela ter sido utilizada no preaquecedor 21 para o pré-aquecimento do álcool bruto líquido,
30 conduzido à coluna de concentração 19, ela é removida em 93 do processo.

Enquanto a coluna de concentração 19 apresenta aproximadamente 30 fundos, a coluna de retificação 33 apresenta aproximadamente 50

fundos e fornece o álcool retificado a uma pressão de aproximadamente 150 a 600 Kpa (1,5 a 6 bar), por exemplo 200 Kpa (2 bar), a uma retirada lateral 95 na forma de vapor com uma concentração de álcool de aproximadamente 94% em volume. O álcool retificado, em forma de vapor, é conduzido a um
5 supraaquecedor 97 aquecido também a partir da fonte de vapor fresco 87, que conduz o vapor de álcool aquecido 99 ao arranjo de peneira molecular 43 para a desidratação.

O arranjo de peneira molecular 43 apresenta de modo conhecido várias peneiras moleculares, neste caso três peneiras moleculares 101,
10 103 e 105, que em troca cíclica são operadas em um modo de secagem e em um modo de regeneração. No exemplo de concretização ilustrado uma peneira molecular, neste caso, a peneira molecular 101, trabalha respectivamente no modo de secagem, enquanto as duas outras peneiras moleculares 103, 105 são comutadas em seu modo de regeneração.

15 No modo de secagem, o álcool supraaquecido, em forma de vapor, é conduzido sob elevada pressão à peneira molecular atualmente em operação no modo de secagem, neste caso à peneira molecular 101, que conduz o álcool desidratado a um tubo coletor 107, ao qual as peneiras moleculares 101, 103, 105 são conjuntamente conectadas pelas suas saídas de
20 álcool desidratado.

As peneiras moleculares 103, 105 operadas atualmente no modo de regeneração são conectadas para a operação no modo de regeneração através de um condensador 109 a uma fonte de vácuo 111, que aspira álcool desidratado conduzido às peneiras moleculares 103, 105 através do
25 tubo coletor 107, no sentido de retorno através das peneiras moleculares 103, 105 a serem regeneradas e através do condensador 109. O condensador 109 é alimentado com água fria a partir da fonte de água fria 73 e condensa a mistura álcool-água que se umedece novamente durante a regeneração nas peneiras moleculares 103, 105. Uma bomba 113 transporta de
30 volta a mistura álcool-água que se acumula em um recipiente coletor 115, no processo.

Naturalmente que o número das peneiras moleculares pode di-

vergir do exemplo de concretização ilustrado. Para uma operação contínua são necessárias pelo menos duas peneiras moleculares, que trabalham alternadamente no modo de secagem e modo de regeneração. Como o modo de regeneração pode durar mais tempo do que a duração do ciclo de secagem utilizável para a desidratação, o número das peneiras moleculares operadas no modo de regeneração é convenientemente maior do que o número das peneiras moleculares operadas no modo de secagem. Os tubos conectores controláveis e necessários para a troca cíclica e comutação das peneiras moleculares são sugeridos pelo número 117.

10 A mistura álcool-água que se acumula no modo de regeneração é novamente conduzida à retificação. Como a mistura durante a condensação no condensador 109 foi resfriada a uma temperatura de aproximadamente 40°C, ela é preaquecida em um preaquecedor 119 e conduzida através de um tubo 121 a um circuito de circulação forçada 123 de um evaporador projetado como evaporador de película de queda 125. O evaporador 125
15 é também aquecido com vapor fresco a partir da fonte de vapor fresco 87 e conduz a mistura aquecida na temperatura de retificação, em 127, como afluxo até a coluna de retificação 33. Uma bomba de transporte do circuito de circulação forçada 123 aparece ilustrada pelo número 129.

20 O condensado de vapor quente que se acumula no superaquecedor 97 aquecido por vapor fresco da fonte de vapor 87, ou no evaporador de película de queda 79, assim como no evaporador evaporador 125, é extraído através de tubos 131, 133 e 135 no caso de 137, para fora do processo.

25 O álcool desidratado no arranjo de peneira molecular 43 aquece um outro refeedor 139 projetado como evaporador de película de queda da coluna de concentração 19, que é conectado ao circuito de circulação forçada 35 em sentido paralelo ao refeedor 77. O álcool desidratado é conduzido ao refeedor 139, saindo do tubo coletor 107, e é conduzido através de uma
30 bomba de transporte 141 ao preaquecedor 119 para o pré-aquecimento da mistura álcool-água que se acumula no modo de regeneração do arranjo de peneira molecular 43, a fim de ser finalmente extraído em 45 como produto

final.

O retervedor 27 da coluna de destilação 5 forma ao mesmo tempo o condensador de topo da coluna de concentração 19, enquanto o retervedor 77 da coluna de concentração 19 forma ao mesmo tempo o condensador de topo da coluna de retificação 33. O condensado de álcool que se acumula nos retervedores 27 e 77 para 123 ou 145, transportado pela bomba de transporte 29, em 147, à coluna de concentração, e em 149 à coluna de retificação no topo como refluxo. O óleo isoamílico que se acumula no processo de retificação é extraído em 151 da coluna de concentração e em 153 da coluna de retificação e removido em 155 para fora do processo.

A instalação de destilação acima esclarecida permite em um método à baixa temperatura destilar álcool etílico a partir de trigo, centeio, etc. Enquanto instalações convencionais necessitam de aproximadamente 2 kg de vapor de aquecimento por litro de álcool puro, correspondente a aproximadamente a 4000 kJ por litro de álcool puro, a instalação de destilação, de acordo com a invenção, exige para energia elétrica apenas 2.300 kJ por litro de álcool puro aproximadamente, acrescido de 54W por litro de álcool puro, para a condensação de vapor.

REIVINDICAÇÕES

1. Instalação para destilar álcool, especialmente álcool etílico a partir de mosto fermentado, compreendendo pelo menos uma coluna de destilação (5) que extrai do mosto fermentado álcool bruto e uma coluna de retificação (33), conectada em série a jusante da coluna de destilação (5), e que aumenta a concentração de álcool, caracterizada pelo fato de pelo menos uma coluna de concentração (19) que concentra o álcool bruto da coluna de destilação, ser conectada em série a jusante a pelo menos uma coluna de destilação (5), cujo condensado de vapor de topo pode ser conduzido como refluxo no lado do topo à coluna de retificação (33) e de cuja base (39) pode ser conduzida a mistura álcool-água à coluna de retificação (33) como afluxo a ser concentrado.

2. Instalação de acordo com a reivindicação 1 ou de acordo com o conceito geral da reivindicação 1, caracterizada pelo fato de a coluna de destilação (5) extrair o álcool bruto a uma temperatura de destilação inferior a 85°C e de a coluna de retificação (33) aumentar a concentração de álcool bruto para aproximadamente 94% em volume.

3. Instalação de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de estar conectada em série a jusante da coluna de retificação (33) um arranjo de peneira molecular (43) para a desidratação do álcool retificado.

4. Instalação de acordo com a reivindicação 3, caracterizada pelo fato de a coluna de retificação (33) ser operada com uma sobrepressão de topo de até 600 KPa (6 bar) e de o álcool retificado ser conduzido ao arranjo de peneira molecular (43) na forma de vapor.

5. Instalação de acordo com a reivindicação 3 ou 4, caracterizada pelo fato de um refeedor (139) que aquece a coluna de concentração (19) ser aquecido pelo álcool desidratado do arranjo de peneira molecular (43).

6. Instalação de acordo com a reivindicação 5, caracterizada pelo fato de o arranjo de peneira molecular (43) apresentar pelo menos duas peneiras moleculares (101, 103, 105), das quais, em troca cíclica, pelo me-

nos uma (101) no modo de secagem absorve o álcool retificado e encaminha o álcool desidratado através do refeedor (139) até a coluna de concentração (19) e das quais pelo menos uma outra segunda (103, 105) das peneiras moleculares absorve no modo de regeneração uma porção do álcool desidratado e conduz o álcool umedecido no modo de regeneração através de um condensador (109) e um evaporador (125) aquecido com vapor fresco, especialmente um evaporador de película de queda (33) como afluxo a ser retificado.

7. Instalação de acordo com a reivindicação 5 ou 6, caracterizada pelo fato de um outro refeedor (77) que aquece a coluna de concentração (19) ser aquecido por vapor de topo da coluna de retificação (33).

8. Instalação de acordo com qualquer uma das reivindicações de 5 a 7, caracterizada pelo fato de um refeedor (79) que aquece a coluna de retificação (33) ser aquecido por vapor fresco.

9. Instalação de acordo com qualquer uma das reivindicações de 5 a 8, caracterizada pelo fato de o refeedor (77) da coluna de concentração (19) e/ou o refeedor (79) da coluna de retificação (33) serem projetados como evaporadores dispostos em um circuito de circulação forçada (35, 83), especialmente evaporadores de película de queda.

10. Instalação de acordo com a reivindicação 9, caracterizada pelo fato de o circuito de circulação forçada (35) do refeedor (77) da coluna de concentração (19) ser conduzido através de sua base (39) e de o afluxo de álcool da coluna de retificação (33) ser derivado a partir desse circuito de circulação forçada (35).

11. Instalação de acordo com a reivindicação 9 ou 10, caracterizada pelo fato de o condensado do refeedor (27) da coluna de destilação (5) e/ou o condensado do refeedor (77) da coluna de concentração (19) poder ser conduzido como refluxo à coluna de concentração (19) e/ou à coluna de retificação (33).

12. Instalação de acordo com a reivindicação de 6 a 11, caracterizada pelo fato de o álcool desidratado a jusante do refeedor (139) da coluna de concentração (19) em um trocador de calor (119) aquecer previa-

mente a mistura álcool-água vinda do condensador (109).

13. Instalação de acordo com a qualquer uma das reivindicações de 7 a 12, caracterizada pelo fato de o condensado do refeedor (77) aquecido por vapor de topo da coluna de retificação (33) da coluna de concentração (19) poder ser conduzido como refluxo à coluna de concentração (19) e/ou à coluna de retificação (33).

14. Instalação de acordo com a qualquer uma das reivindicações de 1 a 13, caracterizada pelo fato de ser atribuído à coluna de destilação (5) um refeedor (27) aquecido por vapor de topo da coluna de concentração (19), e de o condensado do vapor de topo desse refeedor (27) poder ser conduzido como refluxo à coluna de concentração (19) e/ou à coluna de retificação (33).

15. Instalação de acordo com a qualquer uma das reivindicações de 1 a 14 ou de acordo com o conceito geral da reivindicação 1, caracterizada pelo fato de vinhaça que se acumula na coluna de destilação (5) poder ser conduzida a um dispositivo separador (51) que separa a vinhaça em uma fração de matéria sólida e em uma fração líquida, de ser atribuído à coluna de destilação (5) para o seu aquecimento um refeedor projetado como evaporador de película de queda (27), aquecido por vapor de topo de uma coluna (19) subsequente no fluxo de produto, que aumenta a concentração de álcool ou aquecido por vapor fresco e de pelo menos uma parte da fração líquida ser conduzida em um circuito de circulação forçada (47) através do evaporador de película de queda (27) e de pelo menos uma parte da fração líquida que circula no circuito de circulação forçada (47) ou vapor da mesma, poder ser conduzida à coluna de destilação (5) para o seu aquecimento.

16. Instalação de acordo com a a reivindicação 15, caracterizada pelo fato de o evaporador de película de queda (27) ser aquecido por vapor de topo de uma coluna de concentração (19) que aumenta a concentração de álcool bruto, disposta entre a coluna de destilação (5) e a coluna de retificação (33).

17. Instalação de acordo com a qualquer uma das reivindica-

ções de 1 a 16 ou de acordo com o conceito geral da reivindicação 1, caracterizada pelo fato de o vapor de álcool bruto da coluna de destilação (5) poder ser condensado, pelo menos parcialmente, em um evaporador (55) utilizado para produzir vapor d'água, e de o vapor d' água poder ser conduzido através de um compressor (59) mecânico que aumenta a pressão e/ou a temperatura do vapor d'água, à coluna de destilação (5) ou a uma outra coluna de destilação que extrai álcool bruto do mosto fermentado, para o aquecimento da mesma.

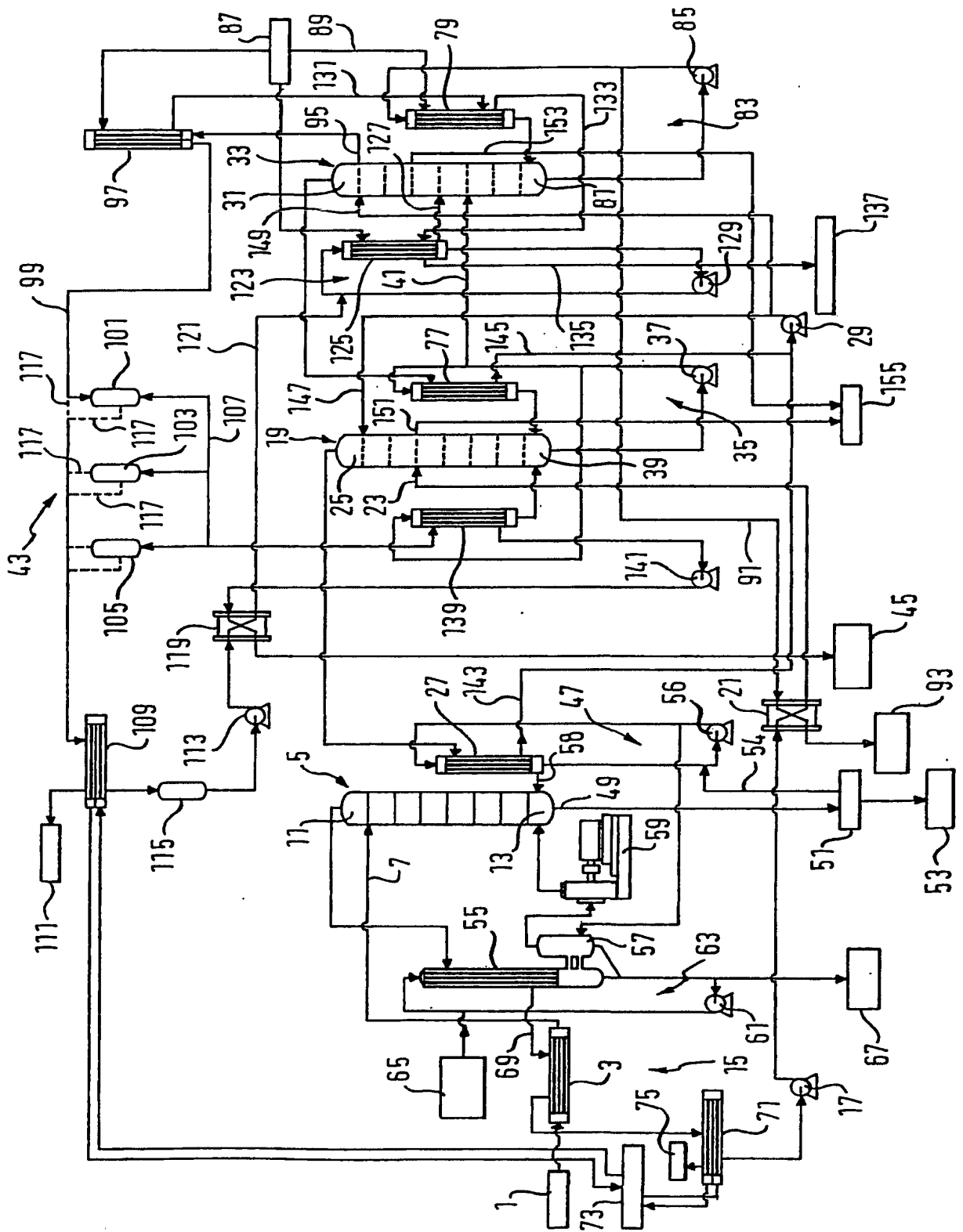
18. Instalação de acordo com a a reivindicação 17, caracterizada pelo fato de o evaporador (55) ser projetado como evaporador de película de queda.

19. Instalação de acordo com a a reivindicação 18, caracterizada pelo fato de o evaporador de película de queda para a produção do vapor d'água ficar alojado em um circuito de circulação forçada (63) de água doce ou vinhaça ou vapor de vinhaça.

20. Instalação de acordo com a a reivindicação 19, caracterizada pelo fato de o compressor mecânico (59) ser conectado ao circuito de circulação forçada (63) através de um separador (57) que separa o vapor d'água.

21. Instalação de acordo com a qualquer uma das reivindicações de 17 a 20, caracterizada pelo fato de o compressor mecânico (59) compreender vários estágios de compressor mecânico interconectados em série.

22. Instalação de acordo com uma das reivindicações de 17 a 21, caracterizada pelo fato de a coluna de destilação (5) ser aquecida por meio de um refeedor (27) aquecido por vapor de topo de uma coluna subsequente, que aumenta a concentração de álcool, especialmente de uma coluna de concentração (19) disposta no fluxo de produto entre a coluna de destilação (5) e a coluna de retificação (33), e adicionalmente por meio do vapor d'água comprimido do compressor (59) mecânico.



RESUMO

Patente de Invenção: **"INSTALAÇÃO PARA DESTILAÇÃO DE ÁLCOOL, ESPECIALMENTE ÁLCOOL ETÍLICO, DE MOSTO FERMENTADO"**.

A presente invenção refere-se à destilação de álcool, especialmente álcool etílico, a partir de mosto fermentado, é proposto conectar em série a jusante de uma coluna de destilação (5) que extrai álcool bruto a partir do mosto fermentado, uma coluna de concentração (19) que concentra o álcool bruto, cujo condensado de vapor de topo pode ser conduzido a uma coluna de retificação (33) como refluxo no lado do topo. A mistura álcool-água extraída a partir da base da coluna de concentração (19) é conduzida à coluna de retificação (33) como afluxo a ser concentrado. A coluna de destilação (5) extrai o álcool bruto a uma temperatura de destilação inferior a 85°C e a coluna de retificação (33) aumenta a concentração de álcool bruto para aproximadamente 94% em volume. O álcool retificado é desidratado em um arranjo de peneira molecular (43).