



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

(21) **PI0609875-4 A2**



* B R P I O 6 0 9 8 7 5 A 2 *

(22) Data de Depósito: 28/04/2006
(43) Data da Publicação: 11/05/2010
(RPI 2053)

(51) *Int.Cl.:*
B01D 3/08 (2010.01)
B01D 5/00 (2010.01)
B01D 1/22 (2010.01)

(54) Título: **APARELHO DE RETIFICAÇÃO USANDO UMA BOMBA DE CALEFAÇÃO**

(30) Prioridade Unionista: 28/04/2005 DK PA 2005 00622

(73) Titular(es): Holm Christensen Biosystemer APS

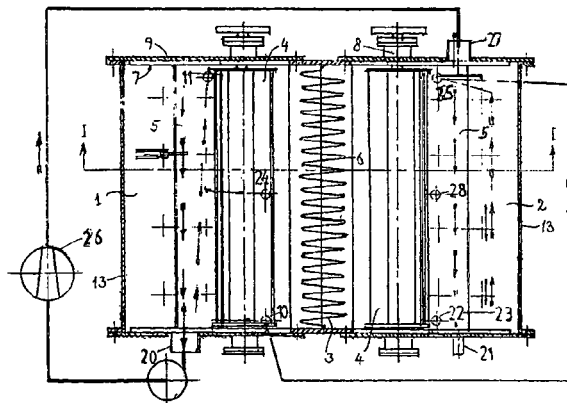
(72) Inventor(es): Erik Jensen

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

(86) Pedido Internacional: PCT DK2006000228 de 28/04/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2006/114104 de 02/11/2006

(57) **Resumo:** APARELHO DE RETIFICAÇÃO USANDO UMA BOMBA DE CALEFAÇÃO. A presente invenção refere-se a um aparelho para extração e concentração e condensação e concentração final subsequentes de um componente facilmente evaporável de uma mistura preferivelmente aquosa permite que o calor necessário para a extração e a concentração seja transferido através de um corpo de transmissão de calor comum (3), onde o calor é derivado da condensação do vapor gerado pela extração e concentração, cujo vapor através da compressão usando uma bomba de calefação (26) obteve o aumento no ponto de ebulição necessário para a condensação. O aparelho é compreendido de duas seções, a saber, uma seção de extração e concentração ou primeira seção (1) e uma seção de condensação e cocentração final ou segunda seção (2), as ditas seções sendo unidas ao redor de um corpo de transmissão de calor comum (3) que forma uma parede divisória, cada seção sendo também definida por um alojamento horizontal parcialmente cilíndrico (13) e uma parede de extremidade em cada extremidade. Cada uma das seções é provida com um rotor de atomização (4) adaptado para arremessar o líquido de cada lado do fundo do alojamento horizontal parcialmente cilíndrico (13) para dentro contra o corpo de transmissão de calor comum, um canal de líquido axial (5) provendo uma passagem contínua do líquido através do aparelho que se estende ao longo do fundo.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**APARELHO DE RETIFICAÇÃO USANDO UMA BOMBA DE CALEFAÇÃO**".

Campo Técnico

A presente invenção refere-se a um aparelho para extração e
5 concentração e uma condensação subsequente e concentração final de um
componente facilmente evaporável de uma mistura preferivelmente aquosa,
onde o calor necessário para a extração e concentração é transferido atra-
vés de um corpo de transmissão de calor comum. O calor surge da conden-
sação do vapor gerado pela extração e concentração, cujo vapor através da
10 compressão usando uma bomba de calefação obteve o aumento no ponto
de ebulição necessário para a condensação.

Descrição da Invenção

De acordo com a invenção, o aparelho é compreendido de duas
seções, a saber, uma seção de extração e concentração ou primeira seção e
15 uma seção de condensação e concentração final ou segunda seção, as ditas
seções sendo unidas ao redor de um corpo de transmissão de calor comum
que forma uma parede divisória, e cada seção sendo também definida por
um alojamento parcialmente cilíndrico substancialmente horizontal e uma
parede de extremidade em cada extremidade, e onde cada uma das ditas
20 seções é provida com um rotor de atomização adaptado para arremessar o
líquido de cada lado do fundo do alojamento horizontal parcialmente cilíndri-
co para dentro contra o corpo de transmissão de calor comum, um canal de
líquido axial provendo uma passagem contínua do líquido através do apare-
lho se estendendo ao longo do fundo.

25 A função do aparelho é caracterizada em que o contato entre o
líquido, vapor e a superfície de transmissão de calor é realizado pela mistura
do líquido sendo arremessado contra a dita superfície por meio do rotor de
atomização, dessa maneira extraindo e concentrando a porção facilmente
evaporável. O vapor gerado é feito para condensar na segunda seção por
30 meio da bomba de calefação, assim desprendendo calor para o processo de
evaporação contínuo. A condensação acontece por meio do contato direto
entre o vapor e a superfície de transmissão de calor, a dita superfície assim

agindo como uma superfície de resfriamento, e pelo resfriamento do condensado resultante junto com o condensado recirculado e depois retornando para o rotor de atomização colocando-o em contato com o vapor mais quente por meio da recirculação. Assim, uma condensação adicional do vapor é obtida, e em ambos os casos, o condensado tem uma concentração maior da porção aquosa do que no vapor, e o vapor restante foi submetido a um efeito de concentração dupla quanto à concentração da porção facilmente evaporável do vapor durante uma recirculação única do condensado. Pelo estabelecimento de um número suficiente de recirculações, uma extração completa da porção facilmente evaporável pode ser realizada e para certos produtos uma condensação completa do vapor. As seqüências de processo descritas podem somente ser realizadas alcançando um fluxo contínuo de ambos líquido e vapor, isso sendo obtido por meio de um canal de líquido axial.

O aparelho é utilizável para muitas misturas diferentes, o foco, entretanto, sendo direcionado para misturas aquosas contendo metanol ou amônia, onde as misturas de amônia e água são particularmente difíceis para tratar, desde que no último caso, a diferença nos pontos de ebulição é aproximadamente 133°C, enquanto a diferença é somente aproximadamente 22°C para etanol e água em pressão atmosférica.

As fábricas de retificação ainda usam evaporadores que contêm canos como superfícies de transferência de calor, os ditos evaporadores sendo projetados como evaporadores de tiragem descendente ou como evaporadores de recirculação, a maior desvantagem do método sendo que a evaporação inteira acontece com uma remanência que foi obtida na sua concentração final. A mesma desvantagem é mencionada em conjunto com os trocadores de calor do tipo de placa tendo encontrado um certo uso recentemente. A seção de extração de uma coluna convencional com fundos campaniformes, fundos de peneira ou insertos de contato de tipos diferentes pode ficar entupida, desde que existe uma grande quantidade de matéria seca capaz de formar incrustações, que novamente podem se desprender, assim impedindo a passagem do líquido. Em conjunto com tais sistemas,

pode ser necessário iniciar com a decantação ou filtração, que pode ser onerosa para executar e a matéria seca removida não será extraída.

O sistema com o rotor de atomização lançando o líquido contra uma superfície de transmissão de calor provê várias vantagens. O rotor pode ser projetado como descrito em EP 1 185 346 B1, isto é, construído com uma seção intermediária de sustentação em formato de tubo central provida com um número adequado de cavidades em formato de U soldadas nela, as ditas cavidades sendo abertas na direção de rotação do rotor. No fundo do recipiente, as bordas externas das cavidades mergulham uns poucos milímetros no líquido, as ditas cavidades assim coletando o líquido que é arremessado para fora pelas forças centrífugas durante a rotação continuada, o dito líquido formando uma nuvem concentrada de pequenas gotículas das bordas das cavidades para o lado interno da parede do alojamento e causando impacto na superfície da superfície de transmissão de calor. A nuvem gira com a velocidade do rotor de atomização, enquanto as gotículas são arremessadas para fora com uma velocidade de aproximadamente 10 m/s, assim uma diferença relativa na velocidade entre o líquido e o vapor de uma média de até 30 m/s é obtida, assim resultando em um contato efetivo entre o líquido e o vapor, por meio disso um equilíbrio entre a porção facilmente evaporável no líquido e no vapor é obtido para cada recirculação.

Um tal sistema, onde o líquido é colocado em contato com a superfície de transmissão de calor sob grande força por meio do rotor de atomização, adicionalmente tem o efeito que o aparelho é capaz de tratar líquidos com uma grande quantidade de matéria seca sem desenvolver incrustações na superfície do evaporador e dessa maneira reduzindo a transmissão do calor, e a superfície de transmissão do calor é assim projetada de modo que toda a superfície é pulverizada diretamente. Isso é realizado pela fabricação da dita superfície de um material de lâmina, o dito material sendo dobrado em dobras verticais em formato de V em uma maneira conhecida por si, as aberturas das ditas dobras alternadamente viradas para os rotores de atomização nas duas seções. Com unidades maiores, pode ser vantajoso fabricar a superfície de transmissão de calor de lâminas retangulares solda-

das juntas de modo que elas formam superfícies em formato de V. Se o corpo de transmissão de calor é feito de tubulação, somente o lado virado para o atomizador permanece livre de incrustações. Assim, o sistema provê uma vantagem principal comparado com os sistemas convencionais, isto é, por
5 manter as superfícies de transmissão de calor isentas de incrustações.

Nas colunas de extração verticais convencionais com fundos campaniformes, fundos de beira ou vários insertos de contato, o fluxo do líquido é somente conduzido pela gravidade e pode assim somente funcionar com misturas de líquido que contêm uma quantidade minoritária de
10 substâncias capazes de formar incrustações, por cuja razão um pré-tratamento da decantação ou filtração é necessário, resultando em maiores custos de investimento e consumo de energia. Evaporadores (caldeiras de recozer) para tais sistemas operam pela evaporação do componente com o ponto de ebulição mais alto, e assim não é possível utilizar a elevação razoavelmente grande na temperatura, que pode ocorrer, quando extraindo a
15 porção facilmente evaporável de certas misturas de líquido. Esse problema foi resolvido pela extração e concentração acontecendo no mesmo volume enquanto simultaneamente atingindo um efeito de contracorrente continuamente prosseguindo.

20 A vantagem de ter uma contracorrente efetiva entre o líquido e o vapor durante a extração é atingida por meio de canais de líquido caracterizados pelos aspectos da reivindicação 2. De preferência, eles se estendem ao longo de todo o comprimento do aparelho e encostam com vedação nas duas superfícies de extremidade com as conexões de entrada e saída em
25 extremidades opostas dos canais. O canal é adequadamente formado por meio de uma placa retangular que forma um lado do canal em formato de V, enquanto o segundo lado é provido pelo lado interno do alojamento parcialmente cilíndrico. Na sua borda superior, a placa é articuladamente retida em uma distância adequada para a parede do alojamento, enquanto a borda de
30 fundo é retida por meio de mecanismos ajustáveis de modo que um vão é formado entre a placa e a parede interna. O canal é formado em uma distância adequada do fundo do alojamento, onde o rotor de atomização é monta-

do de modo que o líquido arremessado para fora contra a parte da parede interna posicionada acima do canal flui de volta para dentro do canal. Aqui, um pouco do líquido junto com o líquido, que nesse meio tempo fluiu para frente, flui para o rotor de atomização através do vão no fundo de modo a ser arremessado para fora novamente. A parte restante do líquido flui para frente axialmente no canal e para a próxima etapa do processo de modo a ser finalmente removida do aparelho como remanência.

Além do mais, o aparelho de acordo com a invenção tem os aspectos revelados na reivindicação 3. Assim, existe uma contracorrente na seção de condensação entre o vapor de condensação que flui para frente e a porção do condensado extraída como refluxo na extremidade do aparelho, onde o vapor comprimido é suprido. O condensado restante junto com o vapor de condensação flui para a extremidade oposta do aparelho, onde o condensado é retirado como produto, e onde existe uma conexão para ventilar o aparelho.

Desde que ambos os fundos das duas seções e os rotores de atomização são montados horizontalmente, todo o movimento axial do líquido acontece no canal, onde o líquido é suprido para o rotor de atomização controlando a largura do vão. A velocidade do vapor fluindo através do aparelho pode variar opcionalmente um pouco através da seção transversal do aparelho devido às influências do líquido recirculando, mas a porção fluindo com a maior velocidade tem uma concentração um pouco menor de líquido facilmente evaporável no vapor, isso sendo parcialmente contrabalançado pelo fato que a troca da matéria e temperatura entre o líquido e o vapor é aumentada como uma consequência da maior diferença nas concentrações.

O uso do aparelho para extração e concentração do etanol é mais simples do que o tratamento de misturas tendo conteúdo de nitrogênio e gás CO₂, onde a condensação completa da amônia não pode ser realizada, parcialmente por causa da grande diferença nos pontos de ebulição e parcialmente por causa dos conteúdos do gás CO₂. Assim, o novo sistema possui a vantagem importante que o líquido pode ser suprido e retirado do canal de líquido axial, o aparelho dessa maneira sendo capaz de absorver

amônia e extrair o gás CO₂.

Tratamento do caldo de fermentação com bio-etanol.

Na seção de extração e concentração do aparelho, a operação de uma etapa começa com a expulsão do líquido do rotor de atomização, assim alcançando o contato entre o líquido e o vapor correspondendo com o contato em uma etapa de uma coluna de retificação convencional, mas com uma única recirculação do líquido, o líquido bate na superfície de transmissão de calor, onde no começo o vapor gerado tem uma concentração consideravelmente mais alta de etanol do que o líquido de onde o vapor é gerado. Assim, a extração e a concentração resultam em duas vezes o rendimento, e o refluxo pode ser reduzido por aproximadamente a metade, assim obtendo uma diminuição correspondente no consumo de energia.

Depois da compressão, o vapor assim gerado pela extração e concentração é suprido para uma seção de condensação e entra em contato com a superfície de transmissão de calor, que aqui age como uma superfície de resfriamento, e o condensado resultante tem uma concentração mais alta de água do que o vapor tendo formado o condensado. O vapor restante assim obteve uma concentração maior de etanol. Ao mesmo tempo, o condensado obtido é resfriado junto com o condensado recirculado e quando ele tiver fluído para o rotor de atomização e for expulso, isso resulta em uma condensação adicional do vapor por meio do contato com o vapor mais quente e uma concentração correspondente do vapor restante. Novamente, efeito duplo é assim obtido por uma única recirculação do concentrado.

Se a concentração mais alta possível de etanol é para ser obtida usando esse processo, o processo pode ser executado em maneiras diferentes. Se uma parte da concentração tão grande quanto possível é para acontecer durante a condensação, menos refluxo é necessário, mas foi verificado que a mistura a ser evaporada tem um maior conteúdo de água do que é obtido com a concentração completa na seção 1, assim causando um menor consumo de energia para a evaporação. Para ter uma idéia do consumo teórico da energia, um cálculo por meio de um diagrama de McCape-Thiele pode ser executado, onde os cálculos são baseados em mol. Iniciando com,

por exemplo, 10.000 kg de caldo de fermentação tendo uma quantidade de etanol puro de 1.000 kg, que pode somente ser concentrado até 88 % em mol devido ao ponto eutético, a concentração original sendo aproximadamente 4,16 % em mol, a dita concentração ficando em equilíbrio com o vapor tendo uma concentração de etanol de aproximadamente 29 % em mol, o refluxo mais o produto pode ser aproximadamente $88/22 = 4$ em uma coluna convencional, mas desde que o sistema opera com o efeito aproximadamente duplo, o refluxo mais o produto pode ser esperado de ser 2. Assim, o vapor a ser comprimido é:

$$1000 \text{ kg} / 46 \text{ kg/kmol} \times (100/88) \times 2 = 49,41 \text{ kmol.}$$

A aplicação de uma pressão de sucção de 0,5 ata e uma contra-pressão de 1,5 ata resulta em um volume de vapor de $22,4 \times 49,41 \times 336/273^\circ\text{C} \times 1/0,5 = 2725 \text{ m}^3/\text{h}$.

$$\text{O consumo de energia é: } 1,4/0,4 \times 5000 \times 2725/3600 \times (-1 + (1,5/0,5)^{0,4/1,4}) = 4884 \text{ kgm/s} = 47,9 \text{ kW/h}$$

$47,9 \text{ kW/h} (1000/0,95 \text{ kg/L}) = 0,0455 \text{ kW/kg}$ 95 % em peso de etanol = $0,036 \text{ kW/L}$ 95 % em peso de etanol.

Assumindo um preço de aproximadamente 0,45 DKK/kWh, que não é incomum para uma tal finalidade, o custo para 1 L de etanol é 0,016 DKK, com base em uma eficiência de 100%, assumindo que uma eficiência comparativamente boa é obtível.

Tendo assim trazido o vapor até próximo da composição eutética na seção de extração e concentração, a parte final da concentração pode vantajosamente acontecer na seção de condensação e sem qualquer custo dimensionando o rotor de atomização com o número necessário de recirculações do condensado. Além do mais, embora a temperatura da remanência na saída corresponda com o ponto de ebulição da água, a temperatura não fica a mais do que 1 grau acima do ponto de ebulição do etanol, ou aproximadamente 20 a 22°C abaixo do ponto de ebulição da água, na saída do vapor para a bomba de calefação. Em fábricas convencionais com coluna de retificação, caldeira de recozer e bomba de calefação, somente a remanência é que é evaporada, e é somente o vapor com a máxima concentração de

etanol que é condensado, e os fabricantes declaram abertamente que é mais econômico deixar a bomba de calefação operar com uma baixa temperatura ou diferencial de pressão. Em princípio, a bomba de calefação opera na mesma pressão de sucção ou condensação, com ambos o sistema novo e o convencional, no último caso, entretanto, uma queda de pressão considerável tem que ser esperada quando o vapor flui através das colunas por causa da sua altura de até 30 m.

Aqui, a posição do corpo de transmissão de calor dentro do volume do processo do novo sistema é vantajosa em que a diferença de temperatura fica em média 10 a 11°C mais alta, e portanto, a diferença de temperatura disponível para o sistema antigo é aproximadamente 7°C e 7+10,5°C para o novo sistema. Quando dimensionando as superfícies de transmissão de calor dos dois sistemas, contanto que elas tenham a mesma capacidade e que o coeficiente de transmissão de calor seja idêntico em ambos os sistemas, obtém-se:

Área, novo sistema, x 17,5°C = área, sistema antigo, x 7°C, assim obtendo:

Área, novo sistema = área, sistema antigo x (7/17,5 = 0,40 = 40%), mas desde que ambas a extração e a concentração no novo sistema têm duas vezes o rendimento, isso significa que desde que o processo aconteça no próprio volume do processo, é possível obter a mesma capacidade como com o sistema antigo usando uma superfície de transmissão de calor tendo uma área de aproximadamente 20% da área necessária com o sistema antigo, e assim alcançar uma economia considerável nos custos de investimento.

O contato entre o condensado recirculado e o vapor é particularmente efetivo, e, portanto, não existe dúvida que o sistema é operacional. Um detalhe importante nesse contexto é que a passagem contínua do condensado através do aparelho é controlada por meio do canal de líquido axial, e se as conexões do cano são estabelecidas em ambas as extremidades do canal, é possível extrair uma parte do condensado na contracorrente com o vapor, o que corresponde com a quantidade de refluxo. Na extremidade o-

posta do aparelho, onde a última parte do vapor é condensada, é assim possível extrair o produto com um máximo de aproximadamente 88 % em mol de etanol.

5 Como um resultado das temperaturas em paralelo para a extração e condensação, o consumo de energia é particularmente baixo, adicionado ao que está o fato que não existem despesas para estabelecer uma coluna convencional de extração e concentração, onde as ditas despesas podem ser consideráveis, já que essas são colunas com uma altura de até 30 m, e com uma perda principal quando o vapor flui através da coluna, a
10 perda sendo dependente do tipo de inserto de contato selecionado, mas em qualquer caso resultando em um consumo maior de energia.

Com cada etapa, onde o vapor se move para obter concentrações idênticas de etanol em ambos o condensado e o vapor, o aumento na concentração do etanol se torna menor, e quanto mais alta a concentração
15 desejada a atingir, mais etapas têm que ser estabelecidas. Assim, a quantidade de refluxo necessária depende disso e da concentração do produto bruto na entrada do aparelho. Refluxo mais produto, por exemplo, pode ser 2, onde 50% do condensado têm que ser recirculado para a seção de extração, enquanto os 50% restantes de vapor são condensados em paralelo
20 com o condensado sendo extraído como produto, e é suficiente aplicar um número consideravelmente reduzido de etapas para a concentração e assim uma diminuição na quantidade do refluxo, temperatura e diferencial de pressão, tudo resultando em economias consideráveis de energia.

Misturas compreendendo uma quantidade de amônia a ser separada exigem um tratamento que é dependente da concentração de amônia na mistura. Adubo líquido, por exemplo, tem uma concentração comparativamente pequena, enquanto concentrações consideravelmente mais altas são envolvidas quando utilizando a capacidade da mistura de amônia/água absorver CO_2 na forma de bicarbonato de amônio.

30 Depois da exposição à desgasificação, o adubo líquido tem um conteúdo de nitrogênio de aproximadamente 0,3%, predominantemente presente na forma de bicarbonato de amônio. Quando aquecido para acima de

70°C, ele dissocia para CO₂ e uma mistura aquosa de amônio e amônia. Se o adubo líquido foi preaquecido para o ponto de ebulição na entrada para a seção de extração do aparelho, o dito adubo líquido gera um vapor com o suprimento de calor subsequente quando em contato com a superfície de transmissão de calor, o dito vapor tendo uma concentração de amônia em equilíbrio com a amônia no adubo líquido, isto é, a concentração no vapor é aproximadamente 10 vezes mais alta do que no adubo líquido tendo gerado o vapor. Durante o fluxo do adubo líquido para a saída da remanência, incluindo sendo repetidamente arremessado para fora contra a superfície de transmissão de calor, e com cada contato com ela, o adubo líquido gera uma quantidade de vapor tendo uma concentração de amônia em equilíbrio com o adubo líquido evaporando, isto é, se o adubo líquido compreende 0,1% de amônia, o vapor gerado contém aproximadamente 1%, uma razão aplicando-se a uma faixa comparativamente grande. Com o contato com a superfície aquecida, o adubo líquido flui de volta para o rotor de atomização e é arremessado para fora novamente, assim entrando em contato íntimo com o vapor fluindo em contracorrente, o dito vapor tendo uma temperatura mais alta e uma concentração de amônia menor, assim resultando em uma transferência adicional da amônia do adubo líquido para o vapor. A extração exige energia térmica para extrair ambos o líquido suprido bem como o refluxo opcionalmente requerido. Para a realização desse processo, é uma condição que a extração progrida continuamente com recirculação repetida do adubo líquido, isso sendo atingido pelo adubo líquido passando através do aparelho no canal axial. Simultaneamente com a evaporação da contracorrente, o vapor extraído flui de volta para a entrada do adubo líquido para continuar daí para a próxima seção do processo junto com o gás CO₂, que não está ligado no adubo líquido nem no vapor, e assim não tendo praticamente influência na extração e concentração.

Quando o adubo líquido tiver alcançado a saída da remanência, tendo gerado o vapor de amônia/água, ele retorna através da área de seção transversal livre da seção, ficando em contato constante com o adubo líquido recirculado, por meio disso um equilíbrio entre a concentração de amônia no

adubo líquido e no vapor é mantido em todos os momentos. Ao mesmo tempo, essa construção simples permite a possibilidade de operar com um conteúdo de matéria seca considerável no adubo líquido, de operar como uma seção de extração e de reduzir o consumo de energia da bomba de calefação obtendo contracorrente completa, desde que o equilíbrio entre o adubo líquido e o vapor é obtido novamente depois da centrifugação do rotor de atomização, e a seguir, quando o adubo líquido bate na superfície de calor, o vapor gerado tem uma concentração de amônia consideravelmente mais alta do que o adubo líquido. Um pré-requisito para obter uma remanência completamente livre de amônia, entretanto, é manter um alto valor de pH.

Tendo sido comprimido para uma temperatura de condensação adequada, o vapor é circulado para a seção de condensação no fim do aparelho, onde a temperatura é mais alta. O vapor é circulado continuamente através de todo o aparelho, enquanto a porção do condensado correspondendo com o refluxo de contracorrente do vapor é circulada de volta para a seção de evaporação.

Ao mesmo tempo, o vapor restante, que constitui o produto, contém a quantidade total de CO_2 e continua a fluir para a extremidade oposta do aparelho enquanto concentrando simultaneamente o gás CO_2 , onde uma quantidade de água é adicionada suficiente para purificar o gás e para absorver as últimas sobras de amônia que alcançam um equilíbrio com a água pura.

A água junto com o condensado obtido flui de volta em contracorrente para o vapor. No começo, existe somente uma pequena condensação direta da amônia/vapor de água por causa do alto conteúdo de gás, mas o líquido - água e condensado - arremessado contra a superfície de resfriamento é resfriado, e quando ele é subseqüentemente arremessado para fora em contato com o vapor mais quente, a condensação necessária do vapor é atingida, e com cada recirculação do líquido, um novo equilíbrio entre a amônia na água e no vapor é obtido. Quando o vapor tiver alcançado a concentração necessária, e o condensado obtido é circulado de volta para a seção do evaporador na forma de refluxo, uma saída para a mistura extraída

de amônia/água é estabelecida.

O gás de combustão contendo uma quantidade de gás CO_2 , removível pela purificação com uma mistura de amônia e água, sai na forma de uma mistura de bicarbonato de amônio e água. O purificador descrito na
5 Patente DK No. 173513 pode ser usado como purificador, desde que é aqui possível adicionar meios líquidos em locais diferentes no canal de líquido axial, de modo que a purificação final pode ser executada, por exemplo, com água pura.

Depois de ter passado pelo purificador, a mistura do líquido é
10 refluída para o aparelho para decomposição do bicarbonato de amônio em gás CO_2 e amônia, e desde que a purificação pode ser realizada com uma concentração de amônia consideravelmente mais alta no líquido de purificação do que no adubo líquido, a extração somente, ou talvez um refluxo muito modesto, é suficiente, e a bomba de calefação pode assim operar com um
15 pequeno diferencial de pressão e um baixo consumo de energia. Um consumo de energia teórico de 15 kW somente para a bomba de calefação para remover 1 tonelada métrica de gás CO_2 com compressão adiabática é atingível, e aparenta que esse sistema satisfaz uma necessidade mesmo com uma eficiência de bomba modesta.

20 Breve Descrição dos Desenhos

O aparelho e suas várias funções são explicados em detalhes abaixo e com referência aos desenhos, onde

a figura 1 mostra uma seção transversal do aparelho de acordo com a invenção e

25 a figura 2 mostra uma seção horizontal através do aparelho de acordo com invenção.

Melhores Modos para realização da Invenção

As figuras 1 e 2 mostram uma seção transversal do aparelho compreendido de uma seção de extração e concentração 1 e uma seção de
30 condensação e concentração final 2, bem como um corpo de transmissão de calor comum 3 separando as duas seções constituindo a parede comum entre as duas seções. O restante das paredes do alojamento é preferivelmente

paredes parcialmente cilíndricas 13 e paredes de extremidade providas com uma parte fixa 7 para montagem dos mancais do rotor de atomização 8, enquanto uma abertura restante nas paredes de extremidade é fechada por meio de coberturas removíveis 9 providas com várias conexões para líquido e vapor e simultaneamente agindo como uma cobertura de bueiro. Em princípio, os componentes das duas seções são por si conhecidos e idênticos, sua função, entretanto, difere. Cada seção é provida com um rotor de atomização 4 e um canal de líquido axial 5, cuja função é parcialmente controlar o influxo do líquido para o rotor de atomização 4 e parcialmente garantir o transporte axial da mistura de líquido através do aparelho, o dito transporte tendo que ocorrer horizontalmente devido ao modo de operação. O corpo de transmissão de calor comum 3 é provido com uma grande área de superfície e uma grande dureza dobrando a placa em dobras em formato de V acentuadas 6, conforme figura 2, em uma maneira conhecida por si, as ditas dobras alternadamente virando para a abertura para o sistema de atomização na seção de evaporação 1 e o sistema de atomização na seção de condensação 2, e onde a operação na seção 1 é baseada no arremesso do produto bruto para fora contra as superfícies de transmissão de calor com muita força, e onde um contato efetivo entre o líquido e o vapor é obtido durante o arremesso do líquido para fora do rotor de atomização para causar impacto na superfície de transmissão de calor.

A seção de evaporação 1 é provida com uma entrada de líquido 10 para o produto bruto a ser tratado tendo um componente facilmente evaporável, ou, se concentração adicional é requerida, com uma entrada para o refluxo. No último caso, o produto bruto tem que ser suprido para o canal do líquido axial 5 em uma posição 24 relativamente correspondendo com a exigência de calor para a concentração por um lado e a extração por outro lado. A remoção do líquido da remanência acontece em uma saída 11. O tratamento do produto bruto entre a entrada e a saída é controlado pelo canal em formato de V 5 formado entre uma placa inclinada 12 e a parede do alojamento 13. A borda superior 14 da placa inclinada 12 é articuladamente retida em uma distância adequada para a parede do alojamento, de modo que o

canal é provido com a área transversal requerida para o fluxo axial do líquido, enquanto a borda inferior é ajustavelmente retida de modo que um vão ajustável 15 é formado, através do qual a mistura do líquido pode fluir para o rotor de atomização 4 junto com a mistura do líquido que flui de volta do corpo de transmissão do calor 3 do outro lado para a centrifugação repetida. A porção da mistura do líquido centrifugada que causa impacto na parede acima do canal flui de volta para dentro do dito canal, e o vão 15 no fundo do canal tem que ser ajustado de modo que um aumento possível na viscosidade é compensado e uma queda adequada do nível do líquido no canal é obtida para conduzir o fluxo do líquido para a saída da remanência 11. A passagem gradual contínua da mistura do líquido através do aparelho é controlada controlando a entrada 10 e a saída 11 de modo que a bomba de calefação opera com um consumo de energia constante.

O rotor de atomização que arremessa para fora o líquido, assim, compreende parcialmente a porção que causa impacto na parede acima do canal 5, parcialmente a porção que causa impacto no corpo de transmissão de calor e aqui a construção do rotor de atomização 4 permite atingir o progresso desejado do arremesso/atomização. O dito rotor é construído com uma seção intermediária de sustentação em formato de tubo central 16 provida com um número adequado de cavidades em formato de U 17 soldadas nela, as ditas cavidades sendo abertas na direção de rotação do rotor. Pela adaptação da dimensão transversal e da profundidade da cavidade, bem como a inclinação para a circunferência do rotor, um contato efetivo entre o líquido e o vapor, bem como um fluxo suficiente de líquido para a superfície de transmissão de calor para evaporação é obtido durante o arremesso em toda a área transversal do alojamento. Ao mesmo tempo, a superfície pode ser mantida livre de incrustações mesmo quando usando um conteúdo de matéria seca elevado, desde que o líquido é arremessado com grande velocidade. O rotor 4 é montado na proximidade do fundo do aparelho, e quando o conteúdo de líquido no aparelho é pequeno, as bordas acentuadas 18 das cavidades podem mergulhar tão profundamente no líquido que elas enchem com líquido durante a sua passagem, e tão logo o líquido nas cavidades seja

trazido para cima pela velocidade rotacional do rotor, a força centrífuga empurrará o líquido além da borda externa 18 da cavidade em uma película, dessa maneira rapidamente desintegrando em pequenas gotículas formando uma nuvem concentrada contígua 19, a dita nuvem se estendendo da borda da cavidade para o impacto na parede do aparelho e na superfície de transmissão de calor 6 e girando com a velocidade do rotor de atomização. Quando a mistura do líquido é arremessada para fora contra a superfície de transmissão de calor, a última é suprida com uma quantidade de líquido consideravelmente maior do que a quantidade para evaporar, e, portanto, as mudanças de concentração não são tão extensivas de modo a impedir um equilíbrio praticamente completo entre a concentração do componente facilmente evaporável no vapor e no líquido.

O vapor gerado na seção de extração e concentração 1 flui para diante em direção a uma saída 20 diretamente levando a uma bomba de calefação 26, opcionalmente através de uma proteção contra espirros inserida. Durante isso, o vapor é impedido de circular como um resultado do rotor de atomização 4 mergulhando no líquido no fundo, e portanto, nuvens girando para frente de gotículas de líquido 19 têm que penetrar no vapor, onde as gotículas têm uma velocidade absoluta de aproximadamente 10 m/s, mas atingirão uma velocidade relativa com relação ao vapor, a dita velocidade possivelmente sendo na faixa em uma média de 30 m/s e assim um contato particularmente efetivo entre o líquido e o vapor é realizado.

Durante o fluxo da mistura de líquido através do canal de líquido axial 5 com saídas repetidas para o rotor de atomização 4, todo o movimento axial será em sentido oposto ao vapor gerado, e durante cada arremesso um contato íntimo entre a mistura do líquido e o vapor na área transversal livre é obtido, e dessa maneira, um equilíbrio entre a concentração da fase facilmente evaporável no líquido e no vapor é alcançado antes que o líquido entre novamente em contato com a superfície de transmissão de calor. Desde que a quantidade de líquido recirculado é muitas vezes maior do que a quantidade de vapor, o vapor gerado durante a evaporação fica em equilíbrio com a mistura de líquido evaporando, e desde que o vapor gerado tem uma con-

centração maior da porção facilmente evaporável do que o líquido, a concentração da porção facilmente evaporável no líquido é reduzida. Depois da evaporação, quando o líquido flui de volta para o rotor de atomização e é novamente arremessado para fora, ele entra em contato com o vapor da contracorrente tendo uma temperatura mais alta e uma concentração mais baixa da porção facilmente evaporável da mistura. Esse desequilíbrio é resolvido pelo vapor desprendendo o calor para o líquido, assim fazendo surgir uma evaporação adicional da porção facilmente evaporável, isto é, durante cada etapa uma porção facilmente evaporável é transferida para o vapor em duas maneiras, parcialmente pela evaporação direta do líquido na superfície de transmissão de calor e parcialmente por meio do contato subsequente entre o líquido e o vapor durante a expulsão do líquido. Como um resultado da extração e retificação sendo executadas no volume do processo, os custos podem ser economizados para uma coluna de extração separada, desde que toda a quantidade de um componente facilmente evaporável pode ser extraída estabelecendo um número suficiente de etapas, e como um resultado da saída dupla durante a extração, economias consideráveis com relação ao consumo de energia são feitas comparadas com uma fábrica convencionalmente construída.

Em princípio, a extração do etanol e amônia é idêntica a despeito das grandes diferenças de temperatura e pressão e o fato que existe uma quantidade de gás CO_2 que tem somente pequena influência na extração da amônia, desde que depois de ter sido extraído do adubo líquido, o gás junto com o vapor é imediatamente levado para a próxima etapa do processo.

Como mencionado acima, a extração e concentração do bio-etanol são comparativamente simples, e desde que normalmente uma concentração mais alta possível de etanol é desejada, o caldo da fermentação tem que ser suprido para o aparelho em 24 devido ao fato que o refluxo da seção de condensação 2 é levado de volta para a seção de evaporação 1 através da entrada 10. O vapor de metanol extraído e concentrado é comprimido 26 e suprido para a seção 2 através da entrada 27. O vapor condensa em contato com a superfície de transmissão de calor 6 aqui agindo como

uma superfície de resfriamento, e desde que o etanol já foi concentrado tanto quanto possível na seção de evaporação 1, a concentração de etanol do condensado formado na seção 2 é idêntica a no vapor, e assim, não existe concentração em conjunto com a condensação. O condensado obtido junto com o condensado recirculado é resfriado, e quando ele é subseqüentemente arremessado para fora para contato com o vapor, uma condensação adicional do vapor acontece, e assim, toda a operação é executada com um efeito de concentração dupla. A concentração é controlada controlando a quantidade do produto extraído através da saída de etanol 22, e a extração do refluxo 25 é controlada pelo rotor de atomização operando com consumo constante de energia.

Se o produto da seção 1 não foi concentrado tanto quanto possível, o vapor que flui da entrada 27 para a superfície de resfriamento forma um condensado tendo uma concentração de etanol menor do que o vapor, e o vapor restante é assim concentrado. Ao mesmo tempo, o condensado obtido junto com o condensado recirculado é resfriado, e quando ele é trazido para contato com o vapor depois de ter sido arremessado para fora, o vapor é condensado e assim o vapor restante é concentrado. Assim, o etanol é duplamente concentrado com cada recirculação do condensado, e é possível tratar o caldo da fermentação completamente sem uma coluna convencional de extração e concentração, desde que é possível implementar uma bomba de calefação tendo a capacidade necessária, e não é difícil obter o número necessário de recirculações para o condensado. Assim é possível atingir a concentração necessária por meio da condensação de contracorrente entre o vapor e o condensado. O condensado correspondendo com o refluxo é extraído 25 da extremidade do canal de líquido 5, onde o vapor comprimido é suprido 27, o refluxo é levado de volta para a entrada 10 da seção 1 e é retornado para a extração e concentração do processo.

O vapor a seguir deixado na seção 2 é concentrado tanto quanto possível, e constitui o produto, e, portanto, a parte final da condensação é uma condensação pura sem concentração, e o vapor e o condensado podem fluir para a extremidade oposta da seção em paralelo, onde o conden-

sado é extraído do canal de líquido axial 5 através da saída 22, enquanto o vapor é completamente condensado. Entretanto, a cobertura de extremidade é provida com uma conexão de ventilação 21 para remover os componentes opcionalmente não condensáveis. Como é evidente, é possível construir um

5 aparelho para extração e concentração do etanol a partir de um caldo de fermentação sem a necessidade de usar uma coluna convencional, porém resultando em economias consideráveis.

Um aparelho de construção idêntica pode ser usado para tratar misturas que compreendem uma quantidade de bicarbonato de amônio, por exemplo, para tratamento de adubo líquido suprido através da entrada 24,

10 desde que a concentração de amônia é tão baixa que é necessário operar com concentração adicional, e o refluxo é levado de volta para a seção de extração através da entrada 10. A extração é praticamente independente da quantidade de gás CO_2 , que continua a fluir no processo junto com o vapor

15 contendo amônia extraída, o último sendo concentrado durante sua passagem para a saída 20 para a bomba de calefação 26. A transferência de calor durante a extração não apresenta dificuldades, desde que o adubo líquido é arremessado contra a superfície de transmissão do calor e o refluxo na parte de concentração da seção 1 é destilado puro, o que também não causa difi-

20 culdades.

Depois da compressão por meio da bomba de calefação 26, a mistura de vapor/gás é levada através da entrada 27 para a seção 2 e flui para a extremidade oposta da seção sob contato constante com a superfície de transmissão de calor. Assim, o condensado obtido fica em equilíbrio com

25 o vapor tendo provido o condensado, o que significa que a concentração de amônia no condensado é somente aproximadamente 1/10 da concentração no vapor, e o vapor restante foi assim concentrado. Adicionalmente, o condensado arremessado para dentro contra a superfície de transmissão de calor, a dita superfície agora agindo como uma superfície de resfriamento, é

30 resfriado, e quando o dito condensado tiver escoado para baixo para o rotor de atomização 4 e tiver entrado em contato com o vapor de contracorrente mais quente depois de ter sido arremessado para fora, o último resultando

em uma concentração adicional do vapor de amônia, cada recirculação do condensado transporta com ele uma concentração dupla da amônia no vapor, e assim é óbvio que a amônia pode ser suficientemente concentrada sem investir em uma coluna de concentração convencional.

5 No começo da condensação, existe uma pressão parcial minoritária que deriva do gás CO_2 , a dita pressão aumentando à medida que o vapor condensa, e isso pode ter o efeito secundário que o gás seja transportado junto durante a condensação do vapor, e desde que o dito gás não pode ser condensado, ele formará uma camada cobrindo a superfície de resfriamento, a dita camada impedindo que o vapor contate a superfície de resfriamento. Para um condensador convencional, isso pode ter um efeito completamente devastador, enquanto com o novo sistema, entretanto, isso tem somente um efeito limitado, desde que o gás não impede que o condensado seja arremessado contra a superfície de resfriamento e assim seja resfriado, possivelmente junto com o condensado do vapor carregado com o condensado que é arremessado para fora. Durante o arremesso subsequente com contato entre o líquido e o vapor, o condensado resfriado em contato com o vapor mais quente recebe uma concentração adicional.

20 Quando o vapor, durante a condensação, tiver progredido por enquanto no aparelho que o condensado de refluxo necessário na contracorrente com o vapor é levado de volta para a seção 1 da saída 25 na seção 2 para a entrada 10 na seção 1, o vapor com a concentração crescente de gás CO_2 poderia continuar a fluir no aparelho em paralelo com o condensado obtido, mas desde que a pressão parcial do gás aumenta, a temperatura de condensação cai tão drasticamente que o calor de condensação não pode ser transferido para a evaporação, e a ventilação do gás é acompanhada por um volume correspondente de vapor, resultando em uma perda para a evaporação. A solução de introdução de um corpo evaporador adicional na seção 1 é um tanto complicada, e foi verificado que o problema é resolvido com o novo sistema absorvendo amônia com a água suprida.

30 No novo método, um volume de água é suprido para o canal de líquido axial na conexão da cobertura de extremidade 23, o dito volume sen-

do suficiente para obter uma purificação efetiva de gás CO_2 e a condensação completa da amônia no vapor. Subseqüentemente, a água continua junto com o condensado absorvido em contracorrente com o vapor e o gás e com absorção constante do condensado, até que a quantidade de amônia

5 no condensado corresponde com o conteúdo de nitrogênio do adubo líquido, absorvido do canal de líquido axial através de uma conexão de saída 28 posicionada onde a concentração desejada é atingida.

O gás CO_2 é levado para fora através da conexão de saída 21. O gás pode ser condensado, no caso em que existe uso para ele, entretanto,

10 o compressor pode ter que entregar uma pressão na faixa de 7 MPa (70 bar), essa solução sendo atingível, desde que fábricas de resfriamento existem usando o dito gás como um refrigerante.

A solução obtida para realizar uma separação econômica da amônia e CO_2 de uma solução que compreende bicarbonato de amônia pode

15 opcionalmente também ser uma alternativa para a remoção do gás CO_2 do gás de combustão com amônia, desde que uma mistura de amônia/água pode separar o gás pela purificação de uma tal mistura em uma temperatura adequada. Um fator contribuinte para essa solução muito econômica é o fato de que a ligação de 44 kg de CO_2 usa somente 17 kg de amônia, que por

20 sua vez é recuperada. A purificação pode ser executada por meio do aparelho revelado em EP 1 185 346 B1, desde que é possível adicionar meios líquidos em locais diferentes no canal de líquido axial de modo que a purificação final pode ser executada com, por exemplo, água pura.

Depois de ter passado pelo purificador, a mistura líquida é levada

25 para a seção 1, entrada 10 do aparelho, ou, se a concentração é requerida, para a entrada 24 tendo uma posição adequada entre a entrada 10 e a saída 11, correspondendo com a concentração requerida. A entrada de suprimento não precisa ter uma conexão fixa com o canal de líquido, desde que o rotor de atomização trará o líquido suprido imediatamente para circulação regular. Desde que a separação do gás CO_2 pode ser realizada em

30 uma concentração de amônia comparativamente alta, é esperado que somente a extração pura ou somente a concentração leve seja necessária, e

assim, a bomba de calefação tem condições de operação favoráveis. Um consumo teórico de energia de 14 kW com compressão adiabática de uma quantidade de vapor correspondendo com a extração de 1 tonelada métrica de gás CO₂ somente para acionar o compressor é aparentemente atingível, e desde que o aparelho pode prover a extração e a concentração sem a necessidade de uma coluna convencional de extração e concentração, o investimento é um tanto modesto. A única desvantagem do sistema é a pequena capacidade de uma única unidade comparada com as necessidades de uma fábrica de energia.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho para extração com concentração e condensação e
concentração subseqüentes de um componente facilmente evaporável de
uma mistura preferivelmente aquosa, onde o calor necessário para a extra-
5 ção e a concentração é transferido através de um corpo de transmissão de
calor comum (3), onde o calor é derivado da condensação do vapor gerado
pela extração e concentração, cujo vapor através da compressão usando
uma bomba de calefação (26) obteve o aumento no ponto de ebulição ne-
cessário para a condensação, o dito aparelho sendo compreendido de duas
10 seções, a saber, uma seção de extração e concentração ou primeira seção
(1) e uma seção de condensação e concentração final ou segunda seção
(2), as ditas seções sendo unidas ao redor de um corpo de transmissão de
calor comum (3) que forma uma parede divisória, cada seção sendo também
15 definida por um alojamento horizontal parcialmente cilíndrico (13) e uma pa-
rede de extremidade em cada extremidade, e onde cada uma das ditas se-
ções é provida com um rotor de atomização (4) adaptado para arremessar o
líquido de cada lado do fundo do alojamento horizontal parcialmente cilíndri-
co (13) para dentro contra o corpo de transmissão de calor comum, um canal
de líquido axial (5) provendo uma passagem contínua do líquido através do
20 aparelho que se estende ao longo do fundo.

2. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo
fato de que cada um dos canais de líquido axiais é parcialmente definido por
uma placa ajustável que forma um vão ajustável no fundo dos canais.

3. Aparelho de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado
25 pelo fato de que a seção de extração e concentração (1) é provida com uma
entrada de líquido (24), posicionada no fundo do alojamento parcialmente
cilíndrico (13), entre as paredes de extremidade do alojamento (13) e com
uma saída de remanência (11) posicionada no fundo do alojamento parcial-
mente cilíndrico (13) adjacente a uma primeira parede de extremidade (9) do
30 alojamento, e com uma saída de vapor (20) na segunda parede de extreni-
dade oposta, e que a saída de vapor (20) é conectada na seção de conden-
sação e concentração final (2) por uma entrada de vapor (27) por meio de

uma bomba de calefação (26), a dita entrada de vapor sendo disposta na primeira parede de extremidade da seção de condensação e concentração final (2) adjacente à primeira parede de extremidade (9) da seção de extração e concentração (1), e que a seção de condensação e concentração final (2) é provida com uma saída de refluxo (25) disposta no fundo do alojamento parcialmente cilíndrico (13) adjacente à primeira parede de extremidade e em conjunto com uma entrada de refluxo no fundo da seção de extração e concentração (1) adjacente à sua segunda parede de extremidade, e com uma saída de condensado (28) posicionada no fundo entre suas duas paredes de extremidade, e com uma saída de vapor (21) disposta na segunda parede de extremidade oposta à primeira parede de extremidade.

4. Aparelho de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a seção de condensação e concentração final (2) é provida com uma entrada de água quente (23) no fundo em proximidade com a segunda parede de extremidade.

5. Aparelho de acordo com uma ou mais das reivindicações 1-4, caracterizado pelo fato de que o aparelho é parte de um sistema para remover CO₂ do gás de combustão, onde a mistura de amônia e água é suprida para um purificador, onde o gás de combustão é suprido para uma extremidade do purificador e a mistura de amônia/água é suprida para a outra.

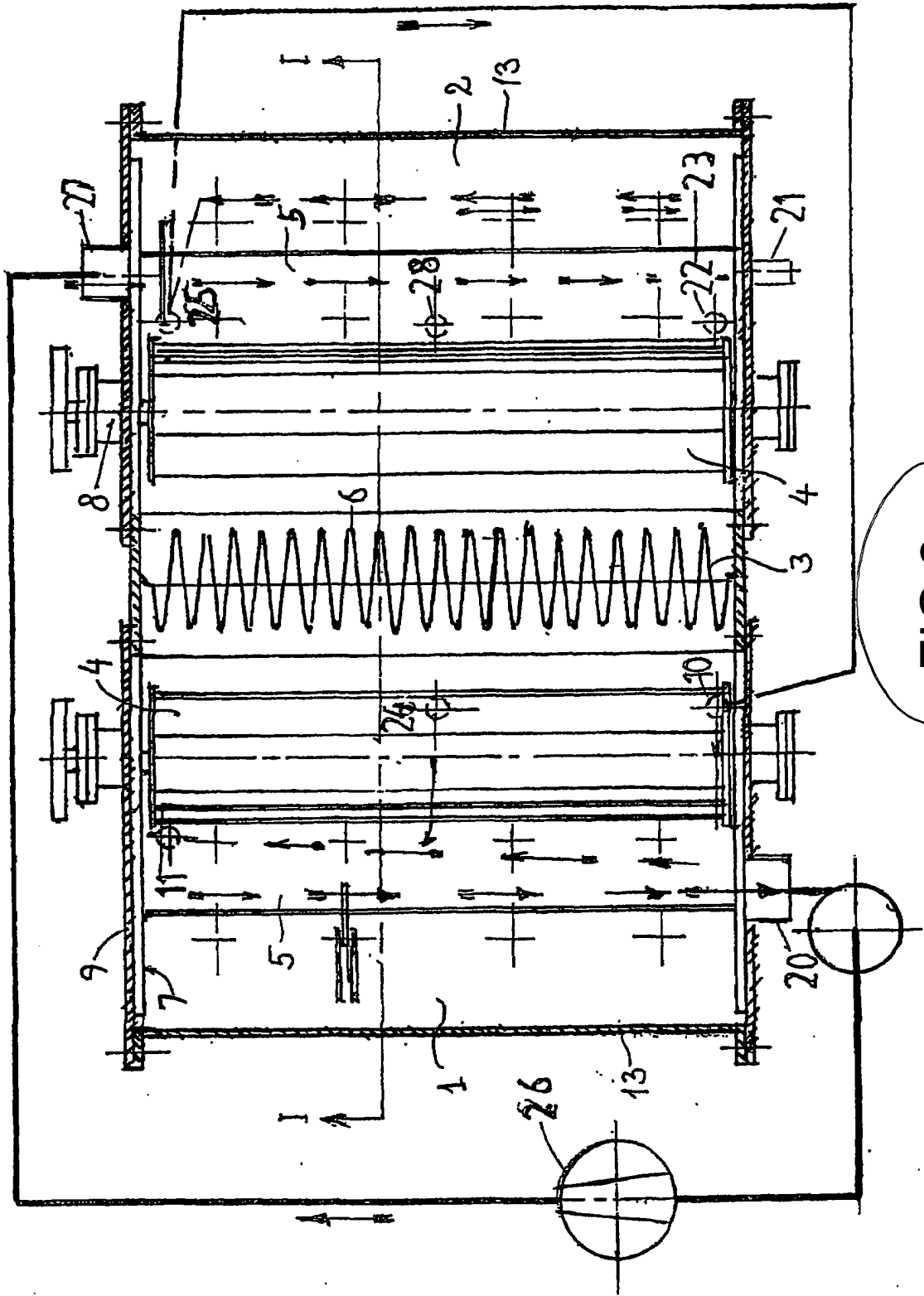


FIG 2

RESUMO

Patente de Invenção: "**APARELHO DE RETIFICAÇÃO USANDO UMA BOMBA DE CALEFAÇÃO**".

A presente invenção refere-se a um aparelho para extração e
5 concentração e condensação e concentração final subseqüentes de um
componente facilmente evaporável de uma mistura preferivelmente aquosa
permite que o calor necessário para a extração e a concentração seja trans-
ferido através de um corpo de transmissão de calor comum (3), onde o calor
é derivado da condensação do vapor gerado pela extração e concentração,
10 cujo vapor através da compressão usando uma bomba de calefação (26)
obteve o aumento no ponto de ebulição necessário para a condensação. O
aparelho é compreendido de duas seções, a saber, uma seção de extração
e concentração ou primeira seção (1) e uma seção de condensação e con-
centração final ou segunda seção (2), as ditas seções sendo unidas ao redor
15 de um corpo de transmissão de calor comum (3) que forma uma parede divi-
sória, cada seção sendo também definida por um alojamento horizontal par-
cialmente cilíndrico (13) e uma parede de extremidade em cada extremida-
de. Cada uma das seções é provida com um rotor de atomização (4) adap-
tado para arremessar o líquido de cada lado do fundo do alojamento horizon-
20 tal parcialmente cilíndrico (13) para dentro contra o corpo de transmissão de
calor comum, um canal de líquido axial (5) provendo uma passagem contí-
nua do líquido através do aparelho que se estende ao longo do fundo.