



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

(11) PI 0920281-1 B1



(22) Data do Depósito: 08/10/2009

(45) Data de Concessão: 18/08/2020

(54) Título: MÉTODO E SISTEMA PARA A DESACIDIFICAÇÃO DE MISTURAS GASOSAS

(51) Int.Cl.: B01D 53/14.

(30) Prioridade Unionista: 13/10/2008 US 12/250,257.

(73) Titular(es): LIANG HU.

(72) Inventor(es): LIANG HU.

(86) Pedido PCT: PCT US2009005570 de 08/10/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/044836 de 22/04/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 12/04/2011

(57) Resumo: MÉTODOS E SISTEMAS PARA A DESACIDIFICAÇÃO DE MISTURAS GASOSAS A invenção descreve um processo aperfeiçoado de desacidificação de misturas gasosas, por meio do aprimoramento nas fases da absorção gás-líquido. O processo utiliza um absorvente multifásico, capaz de absorver um gás ácido a uma taxa maior, e levando assim a uma redução dos custos globais com energia para a realização da operação de desacidificação.

MÉTODO E SISTEMA PARA A DESACIDIFICAÇÃO DE MISTURAS GASOSAS

CAMPO DA INVENÇÃO

[0001] A presente invenção diz respeito a um processo de desacidificação de misturas gasosas, por meio do aprimoramento da fase de absorção gás-líquido. Mais especificamente, a presente invenção se refere a um processo de desacidificação de misturas gasosas por meio do aprimoramento da fase de absorção gás-líquido, o que aumenta a taxa de absorção de um gás ácido da mistura gasosa, e reduz os custos totais de energia para a realização de tal operação de desacidificação.

FUNDAMENTOS INVENÇÃO

[0002] A desacidificação é necessária para possibilitar o uso do gás natural bruto, ou de qualquer outra mistura gasosa que contenha quantidades significativas de gases ácidos como, por exemplo, o sulfeto de hidrogênio (H_2S), o dióxido de carbono (CO_2), ou substâncias contaminantes análogas. O processo de desacidificação reduz a impureza dos gases ácidos presentes na mistura gasosa, levando-a a atingir níveis aceitáveis. A amina é comumente usada no processo de tratamento de gases. O emprego de processos de tratamento de gases com o uso de amina é frequente em diversos tipos de instalações industriais como, por exemplo, refinarias, fábricas de processamento de gás natural, e usinas petroquímicas. Os processos de tratamento de gases com o uso de amina incluem aqueles desenvolvidos com a utilização de soluções aquosas de aminas para a retirada de gases ácidos como, por exemplo, o H_2S e o CO_2 , presentes nos gases naturais.

[0003] Um processo comum de desacidificação consiste na absorção gás-líquido. Tal processo envolve, geralmente, o contato com uma mistura gasosa que contenha um gás ácido a ser retirado com o uso de uma solução aquosa de amina, por meio da qual a solução de amina desempenhe o papel de absorver o gás ácido. Em instalações industriais, as aminas mais comumente usadas são as alanolaminas como, por exemplo, a monoetanolamina (MEA), e a

dietanolamina (DEA). Recentemente, a utilização da alanolamina metil-dietanolamina (MDEA) para a separação de CO₂ tem se tornado proeminente no âmbito das instalações industriais. Atualmente, a di-isopropanolamina (DIPA) é usada no Processo Sulfinol e no processo SCOT de purificação dos gases ácidos residuais pelo processo industrial de Claus.

[0004] No processo típico de absorção gás-líquido, depois que o gás ácido é absorvido no interior do absorvente, em uma unidade de absorção, o absorvente rico em gás é enviado a uma unidade de regeneração, onde é tratado e separado, para regenerar o gás absorvido e o absorvente pobre em gás. Em seguida, o absorvente regenerado e pobre em gás é reciclado e devolvido para o interior da unidade de absorção, enquanto que o gás ácido pode ser recolhido ou secretado, dependendo da finalidade do usuário. Nesse tipo de absorção gás-líquido, o processo de regeneração representa mais de 80% dos custos totais com energia, pois a totalidade do volume de efluente absorvente tem de ser regenerada, de modo a ser reutilizada na unidade de absorção. Além disso, o processo típico de absorção gás-líquido é restrito ao uso de um absorvente, sob a forma de uma fase líquida.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0005] Descobriu-se agora que o uso de um método de desacidificação de misturas gasosas por meio do aprimoramento da fase de absorção gás-líquido aumenta a taxa de absorção de um gás ácido da mistura gasosa, e reduz os custos totais de energia para a realização de tal operação de desacidificação.

[0006] Em linhas gerais, as formas de realização da presente invenção se referem a um método de desacidificação de misturas gasosas que contenham um gás ácido. O método compreende:

- o contato da mistura gasosa com um absorvente em uma unidade de absorção, onde o absorvente comporte uma fase de transporte e uma fase orgânica, sendo esta insusceptível de mistura com aquela;
- a permissão para que a fase orgânica absorva o gás ácido e o transforme em um gás ácido absorvido, de modo a transformar o absorvente em um

absorvente rico em gás, e a transformar a mistura gasosa em uma mistura gasosa purificada;

- a permissão para que o gás ácido absorvido seja transferido para a fase de transporte, de modo a formar uma primeira fase pobre em gás e uma fase rica em gás no absorvente rico em gás;
- o fornecimento do absorvente rico em gás a uma unidade de separação, de modo a separar a primeira fase pobre em gás da fase rica em gás;
- a ciclagem da primeira fase pobre em gás que havia sido separada, devolvendo-a ao interior da unidade de absorção;
- o fornecimento da fase rica em gás que havia sido separada a uma unidade de regeneração, de modo a obter o gás ácido, assim como uma segunda fase pobre em gás; e
- a ciclagem da segunda fase pobre em gás, devolvendo-a ao interior da unidade de absorção.

[0007] Em uma das formas de realização da presente invenção, o absorvente rico em gás é deslocado para baixo, partindo da unidade de absorção até a unidade de separação graças à força gravitacional, enquanto que a fase rica em gás que havia sido separada é deslocada para baixo, partindo da unidade de separação até a unidade de regeneração graças à força gravitacional.

[0008] Sob outro aspecto genérico, as formas de realização da presente invenção se referem a um sistema de desacidificação de misturas gasosas que contenham um gás ácido. O sistema compreende:

- uma unidade de absorção, adaptada para permitir o contato entre a mistura gasosa e um absorvente que compreenda uma fase de transporte e uma fase orgânica, sendo esta insusceptível de mistura com aquela,
- onde a fase orgânica absorva o gás ácido e o transforme em um gás ácido absorvido, de modo a transformar o absorvente em um absorvente rico em gás, e a transformar a mistura gasosa em uma mistura gasosa purificada;
- onde gás ácido absorvido seja transferido para a fase de transporte, de

- modo a formar uma primeira fase pobre em gás e uma fase rica em gás no absorvente rico em gás;
- uma unidade de separação, adaptada para permitir a separação do absorvente rico em gás em uma primeira fase separada, pobre em gás e uma fase separada, rica em gás; e
 - uma unidade de regeneração, adaptada para permitir a regeneração da fase rica em gás que havia sido separada, de modo a obter o gás ácido, assim como uma segunda fase pobre em gás.

[0009] Em uma das formas de realização da presente invenção, a unidade de absorção, a unidade de separação e a unidade de regeneração estão localizadas em uma única torre, onde a unidade de separação é colocada abaixo da unidade de absorção, e a unidade de regeneração é colocada abaixo da unidade de separação, de modo a que o absorvente rico em gás seja deslocado para baixo, partindo da unidade de absorção até a unidade de separação graças à força gravitacional, e que a fase rica em gás que havia sido separada seja deslocada para baixo, partindo da unidade de separação até a unidade de regeneração graças à força gravitacional.

[0010] Os demais aspectos, características e vantagens da invenção serão exibidos no relatório abaixo, que inclui a descrição detalhada da invenção, das suas principais formas de realização, assim como as reivindicações em anexo.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0011] O sumário trazido acima, bem como a seguinte descrição detalhada da invenção serão compreendidos com mais clareza, se forem lidos em conjunto com os desenhos em anexo. Com a finalidade de ilustrar a invenção, os desenhos mostram as formas de realização pelas quais, no presente momento, se tem optado. Contudo, deve-se ter em mente que o invento não se restringe às formas exatas mostradas nos esquemas e sistemas.

[0012] Nos desenhos, a Fig. 1 consiste em um fluxograma que mostra as etapas do processo de desacidificação de acordo com uma das formas de realização da presente invenção e, a Fig. 2 consiste em um fluxograma que

mostra as etapas do processo de desacidificação de acordo com outra forma de realização da presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[0013] A menos que sejam definidos de outro modo, todos os termos técnicos e científicos ora empregados possuirão os significados normalmente concebidos por qualquer pessoa versada no estado da técnica conhecido no ramo ao qual se refere esta invenção. Em sentido inverso, certos termos ora utilizados possuem os significados estipulados na especificação. Todas as patentes, pedidos de patente publicados e publicações ora citados são incorporados por referência, como se, neste documento, tivessem sido trazidos na íntegra. Cumpre observar que, na forma como são utilizados neste relatório e nas reivindicações em anexo, o singular dos artigos “um”, “uma”, “o” e “a” incluem a referência ao plural, a menos que o contexto imponha claramente uma interpretação diversa.

[0014] Sob um aspecto genérico, a presente invenção se refere a um processo de desacidificação de misturas gasosas, por meio do aprimoramento da fase de absorção gás-líquido, minimizando, assim, os custos com energia, e maximizando as taxas de absorção.

[0015] O conceito de aprimoramento da fase de absorção gás-líquido foi inicialmente descrito na Patente Americana Nº 6,969,418, cuja íntegra é incorporada por referência ao presente documento. Foi observado que, por meio do acréscimo de um composto orgânico ou de uma mistura a um sistema de absorção gás-líquido (que constitui, geralmente, uma fase aquosa), a taxa de absorção de um gás em particular pode sofrer um aumento significativo. No aprimoramento da fase de absorção gás-líquido, há mais de uma fase envolvida na absorção de um gás. Uma das fases absorve o gás, e transfere o gás absorvido a outra fase, que desempenha o papel de fase de transporte, e onde o gás absorvido é finalmente acumulado.

[0016] De acordo com uma forma de realização da presente invenção, um absorvente entra em contato com uma mistura gasosa, contendo um gás ácido

a ser retirado, no interior de uma unidade de absorção. O absorvente compreende uma fase de transporte e uma fase orgânica, sendo esta não suscetível de misturar-se àquela. Da forma usada neste documento, “fase orgânica insuscetível de misturar-se à fase de transporte” indica que a fase orgânica não forma uma solução com a fase de transporte, na proporção em que se encontra no absorvente. Em uma forma de realização da presente invenção, a fase orgânica e a fase de transporte possuem uma interface, a saber, a zona limítrofe entre as duas fases, no interior do absorvente. Em outra forma de realização da presente invenção, a fase orgânica e a fase de transporte possuem inúmeras interfaces, que se apresentam, por exemplo, como uma emulsão no absorvente.

[0017] A fase orgânica serve como um meio de transferência, que absorve o gás ácido da mistura gasosa, e o transforma em um gás ácido absorvido. Após o encerramento do processo de absorção, o absorvente se mistura a um absorvente rico em gás, e a mistura gasosa se mistura a uma mistura gasosa purificada, que não contém, ou contém uma quantidade reduzida do gás ácido. A mistura gasosa purificada pode ser recolhida ou eliminada, conforme seja a finalidade do usuário.

[0018] Em seguida, o gás absorvido é transferido para a fase de transporte, onde finalmente se acumula o gás ácido absorvido. Após a conclusão do processo de transferência, formam-se, no absorvente rico em gás, uma primeira fase, pobre em gás, assim como uma fase rica em gás.

[0019] A primeira fase pobre em gás compreende um ou mais componentes da fase orgânica que não reajam com o gás ácido. A primeira fase pobre em gás também pode conter um ou mais componentes da fase orgânica, que reagem com o gás ácido no momento em que a fase orgânica absorver o gás ácido, mas que são substituídos por um ou mais componentes da fase de transporte e, em seguida, liberados a partir do gás ácido absorvido, no momento em que o gás ácido absorvido for transferido para a fase de transporte. A primeira fase pobre em gás ainda pode conter um ou mais componentes da fase de transporte, em

decorrência da transferência do gás ácido absorvido para o interior da fase de transporte.

[0020] A fase rica em gás comprehende um ou mais componentes da fase de transporte. A fase rica em gás também pode conter um ou mais componentes da fase orgânica que reagem com o gás ácido, no momento em que a fase orgânica absorver o gás ácido, e que não são liberados a partir do gás ácido absorvido, no momento em que este for transferido para a fase de transporte. A fase rica em gás pode se apresentar como uma única fase líquida. A fase rica em gás também pode conter inúmeras fases.

[0021] O absorvente rico em gás é fornecido a uma unidade de separação, para separar a primeira fase pobre em gás da fase rica em gás. As fases podem ser separadas em uma unidade de separação, mediante o uso de métodos de separação de fases, já conhecidos por aqueles versados no estado da técnica no ramo envolvido no presente relatório. Por exemplo, a primeira fase pobre em gás e a fase rica em gás podem ser separadas com base na diferença entre as densidades das fases, graças ao uso, por exemplo, de um tambor de separação. A primeira fase pobre em gás e a fase rica em gás também podem ser separadas uma da outra com base em outras propriedades das fases como, por exemplo, por meio de uma membrana que apresente graus diferentes de permeabilidade às fases.

[0022] Em uma forma de realização da presente invenção, o absorvente rico em gás é fornecido à unidade de separação após o encerramento da transferência do gás ácido absorvido para o interior da fase de transporte e, em seguida, após a formação completa da primeira fase pobre em gás e da fase rica em gás.

[0023] Em outra forma de realização da invenção, o absorvente rico em gás é fornecido à unidade de separação antes do encerramento da transferência do gás ácido absorvido para o interior da fase de transporte e, em seguida, antes da formação completa da primeira fase pobre em gás e da fase rica em gás.

[0024] A formação da primeira fase pobre em gás e da fase rica em gás pode

ocorrer anterior, simultânea ou posteriormente ao fornecimento do absorvente rico em gás à unidade de separação.

[0025] A primeira fase pobre em gás, que havia sido separada, é cyclada e devolvida à unidade de absorção para a reutilização, enquanto que a fase rica em gás é direcionada a uma unidade de regeneração, onde a fase rica em gás é tratada, para produzir o gás ácido regenerado e uma segunda fase pobre em gás. O gás ácido regenerado é recolhido ou eliminado, dependendo da finalidade do usuário. A fase rica em gás pode ser regenerada, graças ao uso de métodos de regeneração já conhecidos de todos aqueles versados na técnica referente à área a qual se relaciona o presente relatório.

[0026] A segunda fase pobre em gás compreende um ou mais componentes regenerados da fase de transporte. A segunda fase pobre em gás também pode conter um ou mais componentes regenerados da fase orgânica como, por exemplo, aqueles que reagem com o gás ácido no momento em que a fase orgânica absorve o gás ácido, e que não são liberados a partir do gás ácido absorvido, no momento em que este for transferido para a fase de transporte. A segunda fase pobre em gás pode ser constituída por uma única fase líquida. A segunda fase pobre em gás também pode possuir inúmeras fases. A segunda fase pobre em gás é cyclada, sendo devolvida para o interior da unidade de absorção, para fins de reutilização.

[0027] Em uma forma de realização da presente invenção, as diversas fases são transferidas de uma unidade a outra, por meio de uma bomba. Em outras formas de realização da presente invenção, as diversas fases são transferidas entre, pelo menos, algumas unidades, graças à força da gravidade.

[0028] Em uma forma de realização da presente invenção, o absorvente rico em gás é deslocado para baixo, partindo da unidade de absorção até a unidade de separação, graças à força da gravidade.

[0029] Em outra forma de realização da presente invenção, a fase rica em gás, que já havia sido separada, é deslocada para baixo, partindo da unidade de separação até a unidade de regeneração, graças à força da gravidade.

[0030] Ainda em outra forma de realização da presente invenção, o absorvente rico em gás é deslocado para baixo, partindo da unidade de absorção até a unidade de separação, enquanto que a fase rica em gás, já separada, é deslocada para baixo, partindo da unidade de separação até a unidade de regeneração, sendo todos esses deslocamentos devidos à força da gravidade.

[0031] Sob outro aspecto genérico, a presente invenção se refere a um sistema de desacidificação de misturas gasosas que compreendam um gás ácido. O sistema compreende uma unidade de absorção, uma unidade de separação, e uma unidade de regeneração, na forma daquelas ora descritas.

[0032] Em uma forma de realização da presente invenção, a unidade de separação é colocada abaixo da unidade de absorção, de modo a que o absorvente rico em gás possa ser deslocado para baixo, partindo da unidade de absorção até a unidade de separação, graças à gravidade.

[0033] Em outra forma de realização da presente invenção, a unidade de regeneração é colocada abaixo da unidade de separação, de modo a que a fase rica em gás, já separada, seja deslocada para baixo, partindo da unidade de separação até a unidade de regeneração, graças à força gravitacional.

[0034] Ainda em outra forma de realização da presente invenção, a unidade de absorção, a unidade de separação e a unidade de regeneração são colocadas em uma única torre, onde a unidade de separação é colocada abaixo da unidade de absorção, enquanto que a unidade de regeneração é colocada abaixo da unidade de separação, de modo a que o absorvente rico em gás seja deslocado para baixo, partindo da unidade de absorção até a unidade de separação, graças à força gravitacional, e que a fase rica em gás, já separada, seja deslocada para baixo, partindo da unidade de separação até a unidade de regeneração, graças à força gravitacional.

[0035] O processo de desacidificação de acordo com as formas de realização da presente invenção pode ser utilizado para a retirada de impurezas de um gás ácido presente em misturas gasosas, caso em que a impureza do gás ácido pode ser eliminada de forma mais eficaz. Em caráter alternativo, o

processo de desacidificação de acordo com formas de realização da presente invenção pode ser utilizado para a coleta mais eficaz de um gás ácido de interesse do usuário, que esteja presente em misturas gasosas.

[0036] Sob um aspecto da presente invenção, a utilização da fase orgânica em uma unidade de absorção, de acordo com uma forma de realização do invento, serve para aumentar a taxa de absorção do gás ácido. Este é absorvido na fase orgânica a uma taxa maior do que aquela observada se ele fosse diretamente absorvido pela fase de transporte. Sob outro aspecto da presente invenção, a energia a ser gasta durante o processo de regeneração sofre uma redução, pois apenas uma parte do absorvente e da fase rica em gás tem de ser regenerada, enquanto que a primeira fase pobre em gás, já separada, pode ser imediatamente reciclada, para sua reutilização na unidade de absorção. Ainda sob outro aspecto da presente invenção, a energia a ser gasta no processo de desacidificação é ainda mais reduzida, por meio da incorporação de duas ou mais unidades usadas no processo a uma única torre, de modo a que as diversas fases possam ser transferidas entre algumas das unidades, graças à força gravitacional e não a um bombeamento. Permite-se, assim, o uso de múltiplas unidades em uma única, o que se torna uma medida prática, tendo em vista o tamanho relativamente menor da fase rica em gás que precisa ser regenerada. Durante um processo convencional de separação líquido-gás, o volume de absorvente rico em gás que necessita de regeneração é significativamente maior do que aquele alcançado pela fase rica em gás, de acordo com as formas de realização da presente invenção. Portanto, nos métodos convencionais, uma única torre contendo as unidades de absorção e de regeneração seria alta demais para poder ser considerada prática.

[0037] A Fig. 1 ilustra uma forma peculiar de realização da presente invenção. No tocante a esta figura, uma mistura gasosa (1), que contenha um gás ácido a ser retirado, assim como um absorvente (3), são fornecidos a uma unidade de absorção (10). No interior da unidade de absorção (10), a mistura gasosa (1) e o absorvente (3) entram em contato um com o outro. O gás ácido a

ser retirado pode ser, por exemplo, o CO₂, o SO₂, o H₂S, o COS, o C₂S, bem como mercaptanos, fluoretos, HCl, ou suas respectivas combinações. A mistura gasosa purificada (2), durante a retirada do gás ácido, é liberada a partir da unidade de absorção (10), podendo ser recolhida ou eliminada, dependendo da finalidade do usuário.

[0038] De acordo com formas de realização da invenção, a unidade de absorção (10) pode ser, por exemplo, uma coluna de absorção ou um contactor de membrana, ou quaisquer outras unidades de absorção, já conhecidas por parte daqueles versados no estado da técnica. O absorvente compreende uma fase de transporte e uma fase orgânica, sendo esta insusceptível de misturar-se àquela. Todos aqueles que forem versados no estado da técnica valorizam, de imediato, a vantagem representada pelo fato de poder o absorvente, compreender duas ou mais fases. Por exemplo, o absorvente pode ser bifásico, contendo a fase orgânica e, ainda, uma solução aquosa insusceptível de mistura para desempenhar o papel de fase de transporte. O absorvente também pode ser multifásico, contendo a fase orgânica, uma solução aquosa insusceptível de mistura, e uma fase sólida para desempenhar o papel de fase de transporte, onde a fase sólida seja formada no momento em que o gás ácido for absorvido na fase orgânica, e/ou em que o gás ácido absorvido for transferido para a solução aquosa.

[0039] A fase de transporte pode ser, por exemplo, constituída de uma fase aquosa ou de uma fase hidrofílica. A fase de transporte pode compreender uma ou mais soluções aquosas de algum sal, incluindo, mas sem a elas limitar-se, soluções alcalinas e salinas, soluções salinas de amônia, soluções salinas de alanolamina, e soluções salinas de terra alcalina. A fase de transporte também pode ser apenas constituída de água. A fase de transporte também pode compreender um ou mais sais na fase sólida, incluindo, mas sem a eles limitar-se, sais alcalinos, sais de amônia, sais de alanolamina e sais de terra alcalina.

[0040] A fase orgânica pode compreender um ou mais componentes, incluindo, mas sem a eles limitar-se, alcanos, hidrocarbonetos insaturados,

álcoois, glicóis, éteres, aldeídos, cetonas, carboidratos, aminas e alcanolaminas, e aminoácidos. Em uma forma preferível de realização da invenção, o álcool compreende os alcoóis C₈ a C₁₂. Em uma forma de realização da presente invenção, a fase orgânica compreende uma solução de amina, incluindo, mas sem a elas limitar-se, soluções de éter glicol ou de glicol de monoetanolamina, dietanolamina, piperidina, dibutilamina, ou di-isopropilamina. A concentração da amina na solução é de, aproximadamente, 0,1% a 99,99% (por volume).

[0041] Em uma forma de realização do presente pedido de patente, a razão entre a fase de transporte e a fase orgânica no interior do absorvente é de 10000:1 a 1:10000. Dentre os exemplos de razão entre a fase de transporte e a fase orgânica constam, mas sem a eles limitar-se, os seguintes: 10000:1, 1000:1, 100:1, 10:1, 5:1, 1:1, 1:2, 1:4, 1:10, 1:50, 1:100, 1:1000 ou 1:10000.

[0042] A fase orgânica desempenha o papel de meio de transferência, ao absorver o gás ácido e, em seguida, transferir o gás ácido absorvido para a fase de transporte. De acordo com formas de realização da invenção, no momento em que o gás ácido entrar em contato com a fase orgânica, o gás ácido poderá ser absorvido pela fase orgânica por meio de uma reação física, de uma reação química, ou de uma reação físico-química, através da interface entre a mistura gasosa e a fase orgânica. Ocorre a absorção física sempre que o gás ácido for solúvel na fase orgânica, mas não for suscetível de produzir qualquer reação química com qualquer dos componentes da fase orgânica. Durante a absorção física, o gás ácido se dissolve fisicamente na fase orgânica, sem ser modificado quimicamente por qualquer reação química com qualquer dos componentes ora envolvidos. A quantidade de gás ácido absorvido fisicamente pela fase orgânica é determinada pelo equilíbrio vapor-líquido da mistura. Ocorre a absorção química sempre que o gás ácido absorvido for modificado quimicamente, por meio de uma reação química com um ou mais componentes ativos na fase orgânica, de modo a formar um ou mais produtos originários da reação. A quantidade de gás ácido absorvido quimicamente pela fase orgânica é determinada pela reação entre o gás ácido e o ou os componentes ativos

presentes na fase orgânica.

[0043] A utilização de uma fase orgânica na unidade de absorção (10) aumenta a taxa de absorção do processo, já que o gás ácido é absorvido no interior do absorvente a uma taxa mais elevada do que se observaria se ele fosse diretamente absorvido pela fase de transporte. Dependendo da forma como o gás ácido for absorvido pela fase orgânica, ou seja, se por reação física ou química, o gás ácido absorvido poderá ser insusceptível ou suscetível de modificação respectivamente.

[0044] Em seguida, o gás ácido absorvido é transferido para o interior da fase de transporte, por meio da interface entre a fase orgânica e a fase de transporte, com ou sem alteração química posterior.

[0045] Em uma forma de realização da invenção, o gás ácido absorvido é transferido para o interior da fase de transporte por absorção física, embora seja insusceptível de reagir quimicamente com qualquer componente da fase de transporte. O gás ácido absorvido se dissolve fisicamente na fase de transporte, sem ser modificado quimicamente por meio de reação química com qualquer componente da fase de transporte. Em outra forma de realização da presente invenção, o gás ácido absorvido é transferido para a fase de transporte, por meio de reação química com um ou mais componentes ativos da fase de transporte, de modo a formar um ou mais produtos originários da reação. Ainda em outra forma de realização da presente invenção, o gás ácido absorvido é transferido para a fase de transporte, tanto por reação física quanto química, graças à interface entre a fase orgânica e a fase de transporte. O gás ácido absorvido se acumula na fase de transporte, até que esta esteja saturada, ou até que o usuário conclua o processo de absorção.

[0046] No tocante à Fig. 1, depois que o processo de absorção é concluído na unidade de absorção (10), o absorvente rico em gás (5) é enviado a uma unidade de separação (20), de modo a que as fases possam ser separadas uma da outra. A Fig. 1 mostra um tanque separador (20) movido pela força gravitacional, para separar a primeira fase pobre em gás (4) da fase rica em gás

(6). A etapa da presente invenção também pode ser realizada com o uso de pelo menos um outro tipo de separadores de fase, ou de unidades de separação de fases, conhecidos no estado da técnica como sendo adequados para a separação de fases líquidas em escala industrial. Alguns exemplos incluem separadores simples, filtração, centrifugação, membrana, etc.

[0047] A primeira fase pobre em gás (4), já separada, compreende a maioria ou todos os componentes da fase orgânica, e pouca quantidade ou nenhum gás ácido absorvido. A primeira fase pobre em gás (4), já separada, é ciclada, sendo devolvida à unidade de absorção (10) para fins de reutilização, com ou sem tratamento posterior.

[0048] A fase rica em gás (6), já separada, contém a maioria ou todos os componentes da fase de transporte, assim como o gás ácido absorvido. A fase rica em gás (6), já separada, também pode conter um ou mais componentes da fase orgânica. A fase rica em gás (6), já separada, é sujeita à regeneração.

[0049] No tocante à Fig. 1, a fase rica em gás (6), já separada, é direcionada a uma unidade de regeneração (30), onde a fase rica em gás (6) é tratada, para promover a separação do gás ácido absorvido (12) do resto da fase rica em gás, que é regenerada como parte da segunda fase pobre em gás (14). O gás ácido absorvido (12) ainda é tratado, de modo a separar o gás ácido (18) do resto (16), contendo um ou mais componentes da fase orgânica e da fase de transporte, que reagem com o gás ácido durante a absorção do gás ácido, e/ou durante a transferência do gás ácido absorvido. O gás ácido separado (18) pode ser eliminado ou coletado, dependendo da finalidade do usuário. A parte restante é regenerada como parte da segunda fase pobre em gás (14). A segunda fase pobre em gás (14), que compreende a maioria ou todos os componentes da fase de transporte, é ciclada, sendo devolvida à unidade de absorção (10) para reutilização, com ou sem tratamento posterior.

[0050] O processo de regeneração em conformidade com formas de realização da presente invenção pode ser realizado, por exemplo, por decomposição térmica, destilação de gás ou a vapor, tratamento com o uso de

um contactor de membrana, pervaporação e, tratamento por pressão diferencial.

[0051] Conforme mostrado na Fig. 1, a primeira fase pobre em gás (4), oriunda da unidade de separação (20), e a segunda fase pobre em gás (14), oriunda da unidade de regeneração, são misturadas em um misturador (40). Em seguida, o absorvente daí resultante (3) é ciclado, e devolvido para o interior da unidade de absorção (10) para reutilização. De acordo com outras formas de realização da presente invenção, a primeira fase pobre em gás (4) e a segunda fase pobre em gás (14) podem ser, isoladamente, cicladas e devolvidas para o interior da unidade de absorção para reutilização, sem terem sido anteriormente misturadas.

[0052] Embora não seja mostrado na Fig. 1, todos aqueles que forem versados no estado da técnica valorizam, de imediato, a vantagem representada pelo fato de que, além dos componentes retrociclados do absorvente (3), podem ser acrescidos um ou mais componentes adicionais do absorvente (3), de modo a compensar a perda de um ou mais componentes, durante o processo de desacidificação.

[0053] Em uma das formas de realização da invenção, o gás ácido a ser retirado é o CO₂. A fase orgânica compreende, por exemplo, um ou mais componentes selecionados no grupo composto pela monoetanolamina, pela dietanolamina, pela piperidina, pela dibutilamina, e pela di-isopropilamina. Em uma forma preferível de realização da presente invenção, a fase orgânica compreende uma solução de álcool C₈ a C₁₂ de um ou mais componentes ora descritos. A fase de transporte compreende, por exemplo, um ou mais componentes selecionados no grupo composto por sal de monoetanolamina, sal de dietanolamina, sal de piperidina, sal de dibutilamina, sal de di-isopropilamina, bicarbonato de potássio, carbonato de potássio, e água. Em uma forma de realização da presente invenção, a fase de transporte compreende uma solução aquosa de um dos sais ora descritos. Em outra forma de realização da presente invenção, a fase de transporte compreende os sais ora descritos na fase sólida.

[0054] A Fig. 2 ilustra outra forma peculiar de realização da presente

invenção. Neste processo, a unidade de absorção (10), a unidade de separação (20), e a unidade de regeneração (30) são agrupadas no interior de uma única torre (100). O absorvente rico em gás, oriundo da unidade de absorção (10), flui para baixo e para o interior da unidade de separação (20), graças à força gravitacional, de modo a separar a fase rica em gás e a primeira fase pobre em gás (4). Após a separação, a fase rica em gás flui, graças à força gravitacional, para baixo e para o interior da unidade de regeneração (30), onde são obtidos o gás ácido regenerado (18) e a segunda fase pobre em gás (14). A primeira fase pobre em gás (4) e a segunda fase pobre em gás (14) ainda fluem para baixo e para o interior do misturador (40), sendo nele (40) misturadas para a obtenção do absorvente (3). O absorvente (3) é bombeado de volta para o interior da unidade de absorção (10), onde ele trava contato com a mistura gasosa para iniciar um outro ciclo.

[0055] De acordo com outras formas de realização da presente invenção, a primeira fase pobre em gás (4) e a segunda fase pobre em gás podem ser, isoladamente, bombeadas de volta para o interior da unidade de absorção (10), para fins de reutilização, sem terem sido anteriormente misturadas.

[0056] Mais uma vez, além dos componentes retrociclados do absorvente (3), podem ser acrescidos um ou mais componentes adicionais do absorvente (3), de modo a compensar a perda de um ou mais componentes durante o processo desacidificação.

[0057] Nessa forma de realização, não é necessário o emprego de qualquer energia de bombeamento para promover a transferência de líquido da unidade de absorção (10) para a unidade de regeneração (30), permitindo, assim, alcançar uma economia ainda maior de energia.

[0058] Os seguintes exemplos ilustram a invenção, embora não se destinem, sob nenhuma hipótese, a restringir o escopo do presente invento.

EXEMPLO 1

[0059] Um absorvente que compreende duas fases, a saber, uma fase orgânica e uma fase de transporte, e uma mistura gasosa que contém dióxido

de carbono, foram fornecidos para o interior de uma unidade de absorção de células em estado de agitação, a uma temperatura aproximada de 25-45 °C, 1 atmosfera. A fase orgânica compreendeu 20% de volume de monoetanolamina, e 80% de volume de álcool decílico. A fase de transporte abrangeu o produto da reação da monoetanolamina e do dióxido de carbono.

[0060] Quando a fase orgânica entrou em contato com a mistura gasosa, o gás dióxido de carbono foi absorvido quimicamente no interior da fase orgânica, por meio da reação com a monoetanolamina na fase orgânica. O dióxido de carbono absorvido consistiu no produto de uma reação entre o dióxido de carbono absorvido e a monoetanolamina. Em seguida, através da interface entre a fase orgânica e a fase de transporte, o produto da reação foi transferido para o interior da fase de transporte, e lá se acumulou.

[0061] Após a absorção do gás dióxido de carbono, o absorvente foi posicionado e separado, pela gravidade, em uma primeira fase pobre em gás e em uma fase rica em gás. A primeira fase pobre em gás, compreendendo a monoetanolamina e o álcool decílico que não haviam reagido, foi ciclada e devolvida para o interior da unidade de absorção, para fins de reutilização.

[0062] A fase rica em gás, compreendendo o produto da reação entre a monoetanolamina e o dióxido de carbono, foi enviada a uma unidade de regeneração. O processo de regeneração foi desenvolvido por meio de decomposição térmica. O processo de regeneração resultou na separação do dióxido de carbono de uma segunda fase pobre em gás, que compreende a monoetanolamina separada, assim como qualquer produto da reação que não tenha sido separado durante o processo de regeneração.

[0063] O dióxido de carbono liberado a partir do processo de regeneração foi recolhido. A segunda fase pobre em gás foi ciclada, sendo devolvida para o interior da unidade de absorção, para fins de reutilização.

EXEMPLO 2

[0064] Um absorvente que compreende duas fases líquidas, a saber, uma fase orgânica e uma fase de transporte, e uma mistura gasosa que contém

dióxido de carbono, foram fornecidos para o interior de uma unidade de absorção de células em estado de agitação, a uma temperatura aproximada de 25-45 °C, 1 atmosfera. A fase orgânica compreendeu 20% de volume de dibutilamina, e 80% de volume de iso-octanol. A fase de transporte compreendeu uma solução aquosa de 150 g/L de carbonato de potássio.

[0065] Quando a fase orgânica entrou em contato com a mistura gasosa, o gás dióxido de carbono foi absorvido quimicamente no interior da fase orgânica, por meio da reação com a dibutilamina na fase orgânica. O dióxido de carbono absorvido consistiu no produto de uma reação entre o dióxido de carbono absorvido e a dibutilamina. Em seguida, através da interface entre a fase orgânica e a fase de transporte, o produto da reação foi transferido para o interior da fase de transporte, por uma nova reação com carbonato de potássio na fase de transporte, para formar o bicarbonato de potássio. Assim, ao final, o dióxido de carbono absorvido passou a existir sob a forma de bicarbonato de potássio na fase de transporte.

[0066] Após a absorção do gás dióxido de carbono, o absorvente foi posicionado e separado, pela gravidade, em uma primeira fase pobre em gás e em uma fase rica em gás. A primeira fase pobre em gás, compreendendo a dibutilamina que não tenha reagido com dióxido de carbono, a dibutilamina liberada a partir do produto da reação do dióxido de carbono absorvido, e a dibutilamina, depois que o produto da reação tiver reagido com carbonato de potássio, com iso-octanol e, talvez, com um ou mais componentes adicionais, é ciclada e devolvida à unidade de absorção, para fins de reutilização.

[0067] A fase aquosa rica em gás, compreendendo o bicarbonato de potássio e o carbonato de potássio que não tenham reagido, é enviada a uma unidade de regeneração. O processo de regeneração é desenvolvido por meio de decomposição térmica ou de destilação de gás. O processo de regeneração separa o dióxido de carbono e o carbonato de potássio do bicarbonato de potássio, dando origem a uma segunda fase pobre em gás, que compreende uma solução aquosa de carbonato de potássio.

[0068] O dióxido de carbono liberado a partir do processo de regeneração é recolhido. A segunda fase pobre em gás é ciclada, sendo devolvida para o interior da unidade de absorção, para fins de reutilização.

EXEMPLO 3

[0069] Um absorvente que compreende duas fases líquidas, a saber, uma fase orgânica e uma fase de transporte, e uma mistura gasosa que contém dióxido de carbono, foram fornecidos para o interior de uma unidade de absorção de células em estado de agitação, a uma temperatura aproximada de 25 a 45°C, 1 atmosfera. A fase orgânica compreendeu 20% de volume de dibutilamina, e 80% de volume de iso-octanol. A fase de transporte consistiu em uma solução de água.

[0070] Quando a fase orgânica entrou em contato com a mistura gasosa, o gás dióxido de carbono foi absorvido quimicamente no interior da fase orgânica, por meio da reação com a dibutilamina na fase orgânica. O dióxido de carbono absorvido consistiu no produto de uma reação entre o dióxido de carbono absorvido e a dibutilamina. Em seguida, através da interface entre a fase orgânica e a fase de transporte, o produto da reação foi transferido para o interior da fase de transporte, e lá se acumulou.

[0071] Após a absorção do gás dióxido de carbono, o absorvente foi posicionado e separado, pela gravidade, em uma primeira fase pobre em gás e em uma fase rica em gás. A primeira fase pobre em gás, compreendendo a dibutilamina que não tenha reagido com dióxido de carbono, iso-octanol e, talvez, um ou mais componentes adicionais, é ciclada e devolvida à unidade de absorção, para fins de reutilização.

[0072] A fase aquosa rica em gás, compreendendo o produto formado a partir da reação entre o dióxido de carbono absorvido e a dibutilamina, é enviada a uma unidade de regeneração. O processo de regeneração é desenvolvido por meio de decomposição térmica ou de destilação de gás.

[0073] O processo de regeneração separa o dióxido de carbono e a dibutilamina do produto da reação, dando origem a uma segunda fase pobre em

gás, que compreende a dibutilamina separada.

[0074] O dióxido de carbono liberado a partir do processo de regeneração é recolhido. A segunda fase pobre em gás é ciclada, sendo devolvida para o interior da unidade de absorção, para fins de reutilização.

[0075] Todos aqueles que forem versados no estado da técnica deverão valorizar o fato de ser possível proceder a modificações nas formas de realização acima descritas, sem, no entanto, afastar-se do amplo conceito inventivo ora concebido. Portanto, deve-se ter em mente que a presente invenção, longe de restringir-se às formas peculiares de realização ora mostradas, se destina a abranger modificações que se encontrem inseridas no espírito e no escopo deste invento, conforme definido nas reivindicações em anexo.

REIVINDICAÇÕES

1. MÉTODO PARA DESACIDIFICAÇÃO DE MISTURAS GASOSAS que contenham um gás ácido (18), caracterizado por compreender:
 - o contato da mistura gasosa (1) com um absorvente (3) em uma unidade de absorção (10), onde o absorvente compreenda uma fase de transporte que é hidrofílica e uma fase orgânica, que é imiscível com a fase de transporte;
 - a permissão para que a fase orgânica absorva o gás ácido (18), de forma química e física, e o transforme em um gás ácido absorvido (12), de modo a transformar o absorvente (3) em um absorvente rico em gás (5), e a transformar a mistura gasosa (1) em uma mistura gasosa purificada (2);
 - a permissão para que o gás ácido absorvido (12) seja transferido para a fase de transporte, em que o gás ácido quimicamente absorvido é transferido na forma quimicamente modificada, de modo a formar uma primeira fase pobre em gás (4) e uma fase rica em gás (6) no absorvente rico em gás (5);
 - o fornecimento do absorvente rico em gás (5) a uma unidade de separação (20), de modo a separar a primeira fase pobre em gás (4) da fase rica em gás (6);
 - a ciclagem da primeira fase pobre em gás (4), que havia sido separada, devolvendo-a ao interior da unidade de absorção (10);
 - o fornecimento da fase rica em gás (6), que havia sido separada, a uma unidade de regeneração (30), de modo a obter o gás ácido (18), assim como uma segunda fase pobre em gás (14); e
 - a ciclagem da segunda fase pobre em gás (14), devolvendo-a ao interior da unidade de absorção (10).
2. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a fase orgânica compreender um componente selecionado do grupo formado por um alcano, um hidrocarboneto insaturado, um álcool, como por exemplo um álcool C₈ a C₁₂, um glicol, um éter, um aldeído, uma cetona, um carboidrato, uma

amina, uma alanolamina, e um aminoácido.

3. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a fase de transporte compreender um componente selecionado do grupo formado por um sal de amina, um sal de amônia, um sal de alanolamina, um sal alcalino, um sal de terra alcalina, um sal de aminoácido, e água.

4. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a razão entre o volume da fase de transporte e o da fase orgânica ser de aproximadamente 10000:1 a aproximadamente 1:10000, por exemplo, aproximadamente de 50:1 a aproximadamente 1:50.

5. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a fase rica em gás (6) ser regenerada por um processo selecionado a partir do grupo composto por decomposição térmica, destilação de gás, destilação a vapor, destilação, tratamento com o uso de um contactador de membrana, pervaporação, tratamento por pressão diferencial, e suas respectivas combinações.

6. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o gás ácido (18) ser selecionado a partir do grupo formado por CO₂, SO₂, H₂S, COS, C₂S, mercaptanos, fluoretos, e HCl, por exemplo CO₂.

7. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o gás ácido (18) ser o CO₂, e:

(A) a fase orgânica compreender um componente selecionado a partir de um grupo formado por monoetanolamina, dietanolamina, piperidina, dibutilamina e di-isopropilamina, onde o componente seja dissolvido em pelo menos uma das seguintes substâncias: um glicol, um éter glicólico, e um álcool C₈ a C₁₂; ou

(B) a fase de transporte compreender um componente selecionado a partir do grupo formado por um sal de monoetanolamina, um sal de dietanolamina, um sal de piperidina, um sal de dibutilamina, um sal de di-isopropilamina, um bicarbonato de potássio e um carbonato de potássio; ou

(C) o absorvente compreender um par da fase orgânica e da fase de transporte,

selecionado a partir do grupo formado por:

- (1) uma solução de monoetanolamina diluída em, pelo menos, um álcool e um glicol, um éter glicólico, e um ou mais produtos da reação da monoetanolamina e CO₂;
- (2) uma solução de monoetanolamina diluída em, pelo menos, um álcool, um éter glicólico e um glicol, e uma solução aquosa de um ou mais produtos da reação da monoetanolamina e CO₂;
- (3) uma solução de dietanolamina diluída em, pelo menos, um álcool, um éter glicólico e um glicol, e um ou mais produtos da reação da dietanolamina e CO₂;
- (4) uma solução de dietanolamina diluída em, pelo menos, um álcool, um éter glicólico e um glicol, e uma solução aquosa de um ou mais produtos da reação da dietanolamina e CO₂;
- (5) uma solução de piperidina diluída em, pelo menos, um álcool, um éter glicólico e um glicol, e um ou mais produtos da reação da piperidina e CO₂;
- (6) uma solução de piperidina diluída em, pelo menos, um álcool, um éter glicólico e um glicol, e uma solução aquosa um ou mais produtos da reação da piperidina e CO₂;
- (7) uma solução de dibutilamina diluída em, pelo menos, um álcool, um éter glicólico e um glicol, e um ou mais produtos da reação da dibutilamina e CO₂;
- (8) uma solução de dibutilamina diluída em, pelo menos, um álcool, um éter glicólico e um glicol, e uma solução aquosa de um ou mais produtos da reação da dibutilamina e CO₂;
- (9) uma solução de dibutilamina diluída em, pelo menos, um álcool, um éter glicólico e um glicol, e uma solução aquosa de carbonato de potássio;
- (10) uma solução de di-isopropilamina diluída em, pelo menos, um álcool, um éter glicólico e um glicol, e um ou mais produtos da reação da di-

isopropilamina e CO₂;

- (11) uma solução de di-isopropilamina diluída em, pelo menos, um álcool, um éter glicólico e um glicol, e uma solução aquosa de um ou mais produtos da reação da di-isopropilamina e CO₂; e
- (12) uma solução de di-isopropilamina diluída em, pelo menos, um álcool, um éter glicólico e um glicol, e uma solução aquosa de carbonato de potássio.

8. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por:

- (A) a primeira fase pobre em gás (4) e a segunda fase pobre em gás (14) serem misturadas antes de serem cicladas e devolvidas para a unidade de absorção (10); ou
- (B) o absorvente rico em gás (5) ser fornecido à unidade de separação (20) antes, após, ou simultaneamente à transferência do gás ácido absorvido (12) para o interior da fase de transporte, seguindo-se então a formação da primeira fase pobre em gás (4) e da fase rica em gás (6); ou
- (C) o absorvente rico em gás (5) ser deslocado para baixo, partindo da unidade de absorção (10) até a unidade de separação (20), graças à força gravitacional; ou
- (D) a fase rica em gás (6) já separada, mover-se para baixo, partindo da unidade de separação (20) até a unidade de regeneração (30), graças à força gravitacional; ou
- (E) o absorvente rico em gás (5) ser deslocado para baixo, partindo da unidade de absorção (10) até a unidade de separação (20), graças à força gravitacional, e a fase rica em gás (6), já separada, ser deslocada para baixo, partindo da unidade de separação (20) até a unidade de regeneração (30), graças à força gravitacional.

9. SISTEMA DE DESACIDIFICAÇÃO DE MISTURAS GASOSAS que contenham um gás ácido (18), para utilização com o método para desacidificação de misturas gasosas definido em qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado por compreender:

- uma unidade de absorção (10), adaptada para permitir o contato entre a mistura gasosa (1) e um absorvente (3) que compreenda uma fase de transporte, que é hidrofílica, e uma fase orgânica, que é imiscível com a fase de transporte;
 - onde a fase orgânica absorva, de forma química e física, o gás ácido (18) e o transforme em um gás ácido absorvido (12), de modo a transformar o absorvente (3) em um absorvente rico em gás (5), e a transformar a mistura gasosa (1) em uma mistura gasosa purificada (2); e
 - onde o gás ácido absorvido (12) seja transferido para a fase de transporte, em que o gás ácido quimicamente absorvido é transferido na forma quimicamente modificada, de modo a formar uma primeira fase pobre em gás (4) e uma fase rica em gás (6) no absorvente rico em gás (5);
- uma unidade de separação (20), adaptada para permitir a separação do absorvente rico em gás (5) em uma primeira fase pobre em gás (4) separada, e uma fase separada, rica em gás (6); e
- uma unidade de regeneração (30), adaptada para permitir a regeneração da fase rica em gás (6), que havia sido separada, de modo a obter o gás ácido (18), assim como uma segunda fase pobre em gás (14).

10. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por:

- (A) compreender ainda o referido absorvente (3) e a unidade de separação (20) colocados abaixo da unidade de absorção (10), de modo a que o absorvente rico em gás (5) seja deslocado para baixo, partindo da unidade de absorção (10) até a unidade de separação (20), por ação da força da gravidade; ou
- (B) compreender ainda o referido absorvente (3) e a unidade de regeneração (30) colocados abaixo da unidade de separação (20), de modo a que a fase rica em gás (6), já separada, seja deslocada para baixo, partindo da unidade de separação (20) até a unidade de regeneração (30), por ação da

força da gravidade.

11. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado por a unidade de absorção (10), a unidade de separação (20) e a unidade de regeneração (30) serem colocadas em uma única torre (100), e onde a unidade de separação (20) seja colocada abaixo da unidade de absorção (10), e a unidade de regeneração (30) seja colocada abaixo da unidade de separação (20), de modo a que o absorvente rico em gás (5) seja deslocado para baixo, partindo da unidade de absorção (10) até a unidade de separação (20) pela ação da gravidade, e que a fase rica em gás (6), já separada, seja deslocada para baixo, partindo da unidade de separação (20) até a unidade de regeneração (30), pela força gravitacional.

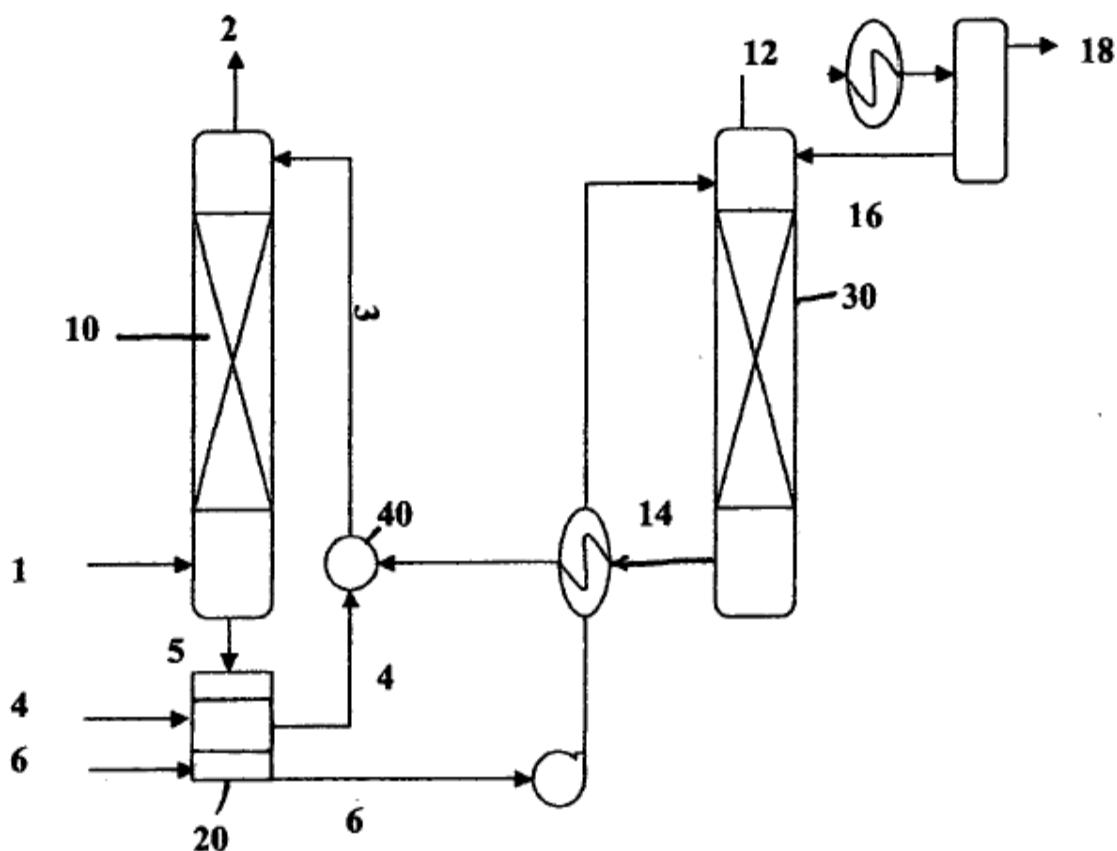


Figura 1

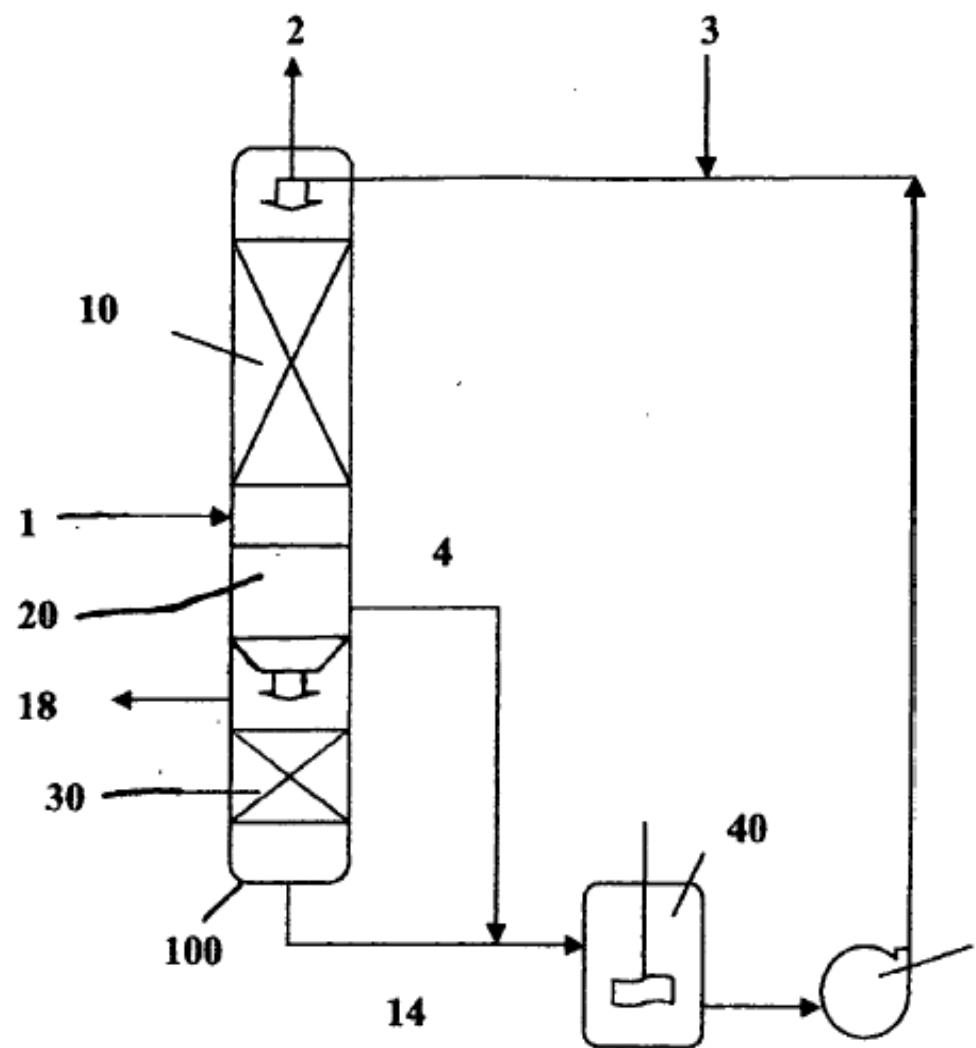


Figura 2