



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

(11) PI 0708758-6 B1

(22) Data do Depósito: 26/02/2007

(45) Data de Concessão: 30/01/2018



(54) Título: MÉTODO PARA A REMOÇÃO DE UM GÁS CAPTURÁVEL POR AMINA DE UMA CORRENTE DE GÁS DE ALIMENTAÇÃO

(51) Int.Cl.: B01D 53/14; B01D 53/18; B01D 53/54; B01D 53/96; B01J 41/20; B01J 49/00

(30) Prioridade Unionista: 10/03/2006 US 11/371,924

(73) Titular(es): CANSOLV TECHNOLOGIES INC.

(72) Inventor(es): JOHN NICHOLAS SARLIS

"MÉTODO PARA A REMOÇÃO DE UM GÁS CAPTURÁVEL POR AMINA DE UMA CORRENTE DE GÁS DE ALIMENTAÇÃO"

CAMPO DA INVENÇÃO

[0001] A presente invenção refere-se, em um aspecto, a um processo para regenerar um trocador iônico usado para capturar sais de uma solução. De acordo com outro aspecto, esta invenção refere-se à integração de um processo de troca iônica com um processo de captura de gases ácidos. Em uma modalidade particularmente preferida, o gás ácido que é capturado compreende um ou mais entre dióxido de enxofre, sulfeto de hidrogênio e dióxido de carbono.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[0002] A separação de gases ácidos tais como dióxido de enxofre, sulfeto de hidrogênio ou dióxido de carbono de correntes de gás tais como gás de combustão ou correntes que contêm hidrocarbonetos por meio de absorção em solventes amínicos aquosos é bem-conhecida. Muitos destes processos, que são referidos como processos tratadores com aminas, estão descritos em "Gas Purification", 5ª Edição, Editores Arthur L. Kohl e Richard B. Nielsen, Gulf Publishing Company, Houston, TX.

[0003] Os processos tratadores com aminas usam um solvente amínico regenerável, pelos quais o gás ácido é capturado no solvente em uma temperatura e o gás ácido é dessorvido ou separado do solvente geralmente em uma temperatura mais alta.

[0004] O solvente amínico para remover um dado componente gás ácido de uma corrente de alimentação pode ser escolhido de tal modo que o gás ácido possa ser removido do solvente por separação a vapor d'água. Caso a separação a vapor d'água seja utilizada, então para separar o gás ácido do solvente, o gás ácido deve ser volátil enquanto em solução. De preferência, a constante de ionização do ácido do ácido conjugado da amina (a pK_a) tem um valor de não mais do que cerca de 3 ou 4 unidades mais altas do que a pK_a do

gás ácido. Caso esta diferença na pK_a seja maior do que 3 ou 4 unidades, então o sal formado entre a amina e o ácido é estável demais para ser praticamente dissociado pela separação a vapor d'água.

[0005] Em operações industriais, os processos de captura de gases ácidos experimentam ingresso e/ou geração no processo de ácidos que são mais fortes do que os ácidos para os quais o processo de remoção é projetado. Estes ácidos mais fortes formam sais com o solvente amínico, que não são regeneráveis com vapor d'água, e assim sendo, são denominados sais amínicos termicamente estáveis, ou apenas sais termicamente estáveis.

[0006] Caso os sais termicamente estáveis sejam deixados acumular, eles eventualmente neutralizarão toda a amina do solvente, tornando-o inadequado para reagir com o componente gás ácido e removê-lo como pretendido. Consequentemente, a disponibilização da remoção de sais estáveis é necessária em sistemas nos quais os ácidos fortes se acumulam no solvente amínico.

[0007] Vários meios para a remoção de sais termicamente estáveis de soluções para tratamento de gás com amina são conhecidos. Eles incluem destilação da amina livre removendo-a do sal em pressão atmosférica ou subatmosférica (vide, por exemplo, "Gas Purification", página 255 e páginas seguintes), eletrodialise (vide, por exemplo, patente nº US 5.292.407) e troca iônica (vide, por exemplo, patentes nºs US 4.122.149, 4.113.849, 4.970.244, 5.045.291, 5.292.407, 5.368.818, 5.788.864 e 6.245.128).

[0008] Um problema com os processos de troca iônica é que o meio de troca iônica ou resina deve ser regenerada de tempos em tempos. Durante o estágio de carregamento do processo de troca iônica, a capacidade de remoção de ânions está esgotada, pois os sais termicamente estáveis são removidos do solvente amínico. Depois da exaustão ou redução da capacidade de remoção de ânions da resina de troca iônica em uma quantidade específica, a alimentação do solvente amínico rico em sais termicamente estáveis para a

resina de troca iônica é terminada de tal modo que a resina de troca iônica possa ser regenerada. Como o agente de regeneração da resina de troca iônica será tipicamente enviado para o tratamento de águas residuais ou descartado de outra forma, o solvente amínico no leito de resina amínica pode ser deslocado e lavado com grandes volumes de água antes de começar o fluxo de agente de regeneração da resina para a coluna, para recuperar uma solução diluída do solvente amínico antes de a resina de troca iônica ser regenerada. Caso a solução diluída do solvente amínico seja devolvida para o processo de captura de gases ácidos, evitando desta forma a perda de solvente amínico, isto introduz água no solvente amínico no processo de captura de gases ácidos, diluindo desta forma a concentração do solvente amínico na solução de solvente no processo tratador de amina.

[0009] Os processos tratadores de aminas são projetados para funcionar em uma concentração fixa ideal de solvente amínico. Portanto, a diluição do solvente amínico é indesejável. Consequentemente, a água deve ser removida do solvente amínico, caso a solução diluída de amina seja devolvida para o processo de tratamento de gases ácidos ou a corrente diluída de solvente amínico pode ser descartada para o resíduo, resultando em uma perda de solvente amínico.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[00010] De acordo com uma modalidade da presente invenção, fornece-se um processo aperfeiçoado para regenerar uma resina de troca iônica, e particularmente, determinou-se que as deficiências de diluição da amina e o grande volume água de lavagem para recuperar eficientemente a amina depois da etapa de carregamento podem ser minimizados integrando a operação do tratador amínico com o processo de troca iônica.

[00011] Em operação, o meio de troca iônica (aqui referido genericamente como uma resina) pode ficar contido em um leito compactado, que é colocado, por exemplo, em uma coluna. Um solvente amínico rico em

sais termicamente estáveis é passado através da coluna. Os sais termicamente estáveis são capturados pela resina de troca iônica durante a passagem do solvente amínico através da coluna. Quando se determina que a resina de troca iônica deve ser regenerada, o fluxo do absorvente amínico através da coluna é terminado e um reagente regenerador é alimentado através da coluna. Prefere-se que todo ou substancialmente todo o solvente amínico seja removido da coluna antes da regeneração do meio de troca iônica.

[00012] A quantidade de diluição da amina que ocorre pelo retorno da solução diluída de amina formada pela lavagem da amina para fora da coluna antes do processo de regeneração da resina de troca iônica pode ser reduzida usando o refluxo a partir da coluna de regeneração tratadora de amina, para deslocar e remover a amina por lavagem da coluna de troca iônica no final da etapa de exaustão. O refluxo usado que contém solvente amínico pode ser então reciclado para o processo tratador com amina. Grandes volumes de refluxo podem ser usados para assegurar um alto grau de recuperação de amina da coluna e devolvidos para o processo tratador com amina, pois esta água de lavagem é alimentada a partir do solvente de tratamento em si e, portanto, não resulta em diluição da amina no processo. De preferência, a água de lavagem do leito de troca iônica, que é obtida a partir da corrente de refluxo do separador a vapor d'água, que é obtida a partir da corrente de refluxo do separador a vapor d'água, é reciclada para o processo de captura de gases ácidos sem a adição de qualquer água de reposição.

[00013] Consequentemente, a origem da água de lavagem para remover o absorvente amínico do leito de troca iônica pode ser predominante ou essencialmente a água que é obtida a partir do processo de captura de gases ácidos. Isto proporciona duas vantagens. Primeiramente, a diluição do solvente amínico é reduzida ou essencialmente eliminada. Particularmente, caso nenhuma água adicional do processo seja adicionada a partir de fontes externas ao processo tratador para a corrente de alimentação de água de

lavagem, então apenas a água usada para lavar a amina do leito de troca iônica é obtida a partir do processo de captura de gases ácidos (isto é, a corrente de refluxo). Consequentemente, nenhuma diluição líquida do absorvente amínico ocorre. Caso alguma água de reposição adicional seja necessária devido à disponibilidade limitada de refluxo, então a quantidade de diluição é substancialmente reduzida em comparação ao uso de apenas água de lavagem externa. Uma outra vantagem é que reciclando a água de lavagem que contém o absorvente amínico para o processo tratador com amina, a criação de uma corrente efluente de água de lavagem, que deve ser descartada ou tratada, é evitada ou pelo menos reduzida.

[00014] De acordo com outro aspecto da invenção, uma solução ácida, que é obtida de preferência a partir de uma corrente de refluxo, é utilizada para fornecer água de lavagem a fim de remover o absorvente de gases ácidos de um trocador iônico antes da regeneração da resina de troca iônica. A água de lavagem que é utilizada pode compreender a totalidade ou uma parte de uma corrente de refluxo que é obtida a partir de uma coluna de separação a vapor d'água que é utilizada em um processo tratador com amina. Por exemplo, caso o processo tratador com amina seja usado para tratar uma corrente de alimentação de gases que contém dióxido de enxofre, então o refluxo conterá ácido sulfuroso, isto é, o hidrato de dióxido de enxofre em solução. Alternativamente, caso o processo tratador com amina seja usado para tratar uma corrente de alimentação de gases que contém sulfeto de hidrogênio e/ou dióxido de carbono, então a corrente de refluxo conterá ácido carbônico e/ou sulfeto de hidrogênio. Tais correntes de refluxo são ácidas, mas não interferem com o processo de regeneração, desde que a concentração de gás ácido dissolvido no refluxo seja menor do que 5% em peso, mais preferivelmente menor do que 3% em peso, e mais preferivelmente, menor do que 2% em peso.

[00015] De acordo com outra modalidade da presente invenção, deve-

se avaliar que a água de lavagem utilizada para remover o solvente amínico de um leito de troca iônica pode ser obtida a partir de uma fonte alternativa, desde que a concentração de água no solvente amínico tratador possa ser controlada por outros meios, tal como purgando o refluxo para o pré-separador.

[00016] Em um processo tratador com amina, o gás de alimentação quente é tipicamente arrefecido antes de o gás de alimentação entrar em contato com o solvente amínico aquoso, para impedir a degradação e a desidratação do solvente amínico. O processo de arrefecimento usa a evaporação da água para resfriar e saturar com água o gás. Este arrefecimento é frequentemente realizado, por exemplo, em um pré-separador a *spray*. A água no pré-separador é recirculada por uma bomba para os bicos do spray, com alguma purga de água para controlar o pH, a concentração de sólidos dissolvidos e o nível de sólidos em suspensão. A água de reposição, usualmente água desmineralizada ou condensado do vapor d'água, é adicionada ao pré-separador para manter constante o estoque de água. De acordo com outro aspecto desta invenção, as correntes efluentes do processo de troca iônica são usadas como água de reposição no pré-separador, eliminando ou reduzindo muito o volume de efluentes resultantes da regeneração da resina de troca iônica, que de outra forma deveriam ser tratadas para descarte.

[00017] Consequentemente, de acordo com uma modalidade da invenção, fornece-se um método para a remoção de um gás capturável por amina de uma corrente de gás de alimentação, usando um solvente amínico, sendo que o método compreende:

(a) colocar a corrente de gás de alimentação em contato com um solvente amínico pobre para formar um solvente amínico rico, onde os sais termicamente estáveis estão presentes no solvente amínico rico;

(b) separar o gás amínico capturável do solvente amínico rico para

formar o solvente amínico pobre e uma corrente de refluxo de topo;

(c) periodicamente colocar pelo menos uma parte de um ou ambos entre o solvente amínico pobre e o solvente amínico rico em contato com uma resina de troca aniônica para formar um primeiro solvente amínico pobre de sais termicamente estáveis;

(d) periodicamente regenerar a resina de troca aniônica, onde durante a regeneração da resina de troca aniônica, pelo menos uma parte da corrente de refluxo é usada para lavar o solvente amínico da resina de troca aniônica para produzir um segundo solvente amínico pobre em sais termicamente estáveis; e

(e) reciclar a pelo menos uma parte dos primeiro e segundo solventes amínicos pobres em sais termicamente estáveis para uso na captura do gás capturável por amina do gás de alimentação.

[00018] Em uma modalidade, o método compreende ainda selecionar o gás capturável por amina entre um ou mais entre SO₂, H₂S e CO₂.

[00019] Em outra modalidade, o método compreende ainda selecionar o solvente amínico pobre como o solvente amínico que é colocado em contato com a resina de troca aniônica.

[00020] Em outra modalidade, durante a etapa (d), a resina de troca aniônica é tratada para remover o solvente amínico dela antes de regenerar a resina de troca aniônica.

[00021] Em outra modalidade, a etapa (d) compreende:

(a) a resina de troca aniônica é colocada em contato com água para remover por lavagem o solvente amínico da resina de troca aniônica;

(b) a resina de troca aniônica é subsequentemente colocada em contato com um agente de regeneração para obter resina de troca aniônica regenerada e solução do agente de regeneração gasto; e

(c) lavar a resina de troca aniônica com água para remover o agente de regeneração dela, e para obter um efluente de lavagem do agente de

regeneração.

[00022] Em outra modalidade, o método compreende ainda lavar a resina de troca aniônica regenerada com água para remover o agente de regeneração dela antes de usar a resina de troca aniônica regenerada na etapa (c).

[00023] Em outra modalidade, o método compreende ainda:

(a) submeter a corrente de gás de alimentação a uma operação de pré-separação;

(b) usar a totalidade ou uma parte de um ou ambos entre a solução do agente de regeneração gasto e o efluente de lavagem do agente de regeneração na operação de pré-separação.

[00024] Em outra modalidade, o método compreende ainda drenar o solvente amínico da resina de troca aniônica antes de colocar a resina de troca aniônica em contato com a água para remover por lavagem o solvente amínico da resina de troca aniônica.

[00025] Em outra modalidade, o método compreende ainda disponibilizar um solvente amínico que tem uma amina com uma pK_a na faixa entre 2,5 e 6. De preferência, o método compreende ainda selecionar SO_2 como o gás capturável pela amina.

[00026] Em outra modalidade, o método compreende ainda disponibilizar um solvente amínico que tem uma amina com uma pK_a na faixa entre 7,5 e 10. De preferência, o método compreende ainda selecionar o gás capturável pela amina entre um ou mais entre H_2S e CO_2 .

[00027] Em outra modalidade, a amina pobre em sais termicamente estáveis é reciclada para a etapa (a).

[00028] Em outra modalidade, a amina pobre em sais termicamente estáveis é reciclada para a etapa (b).

[00029] Em outra modalidade, o método compreende ainda selecionar SO_2 como o gás capturável pela amina.

[00030] Em outra modalidade, o refluxo é utilizado sem diluição para remover por lavagem o solvente amínico da resina de troca aniônica.

[00031] De acordo com outra modalidade da invenção, fornece-se um método para regenerar uma resina de troca iônica, compreendendo:

(a) obter uma solução de solvente que contém sais termicamente estáveis a partir de um processo tratador com amina;

(b) colocar a solução de solvente em contato com uma resina de troca aniônica para obter uma solução de solvente pobre em sais termicamente estáveis;

(c) periodicamente regenerar a resina de troca aniônica, onde antes da regeneração da resina de troca aniônica, a resina de troca aniônica é lavada com pelo menos uma parte de uma corrente de refluxo do processo tratador com amina, para produzir uma corrente de amina pobre em sais termicamente estáveis; e

(d) reciclar a amina pobre em sais termicamente estáveis para o processo tratador com amina.

[00032] Em uma modalidade, o processo tratador com amina trata um gás de alimentação para remover um ou mais entre SO₂, H₂S e CO₂.

[00033] Em outra modalidade, durante a etapa (c), a resina de troca aniônica é tratada para remover o solvente amínico dela antes de regenerar a resina de troca aniônica.

[00034] Em outra modalidade, a etapa (c) compreende:

(a) a resina de troca aniônica é colocada em contato com água para remover por lavagem o solvente amínico da resina de troca aniônica;

(b) a resina de troca aniônica é subsequentemente colocada em contato com um agente de regeneração para obter resina de troca aniônica regenerada e solução do agente de regeneração gasto; e

(c) lavar a resina de troca aniônica com água para remover o agente de regeneração dela, e para obter um efluente de lavagem do agente de

regeneração.

[00035] Em outra modalidade, o método compreende ainda lavar a resina de troca aniônica regenerada com água para remover o agente de regeneração dela antes de usar a resina de troca aniônica regenerada na etapa (b).

[00036] Em outra modalidade, o método compreende ainda:

(a) submeter a corrente de gás de alimentação alimentada para o processo tratador com amina a uma operação de pré-separação;

(b) usar a totalidade ou uma parte de um ou ambos entre a solução do agente de regeneração gasto e o efluente de lavagem do agente de regeneração na operação de pré-separação.

[00037] Em outra modalidade, o método compreende ainda drenar o solvente amínico da resina de troca aniônica antes de colocar a resina de troca aniônica em contato com a água para remover por lavagem o solvente amínico da resina de troca aniônica.

[00038] Em outra modalidade, a amina pobre em sais termicamente estáveis é reciclada para o processo tratador com amina.

[00039] Em outra modalidade, o refluxo é utilizado sem diluição para remover por lavagem o solvente amínico da resina de troca aniônica.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[00040] Estas e outras vantagens da presente invenção serão mais inteiramente e completamente entendidas de acordo com a descrição das modalidades da invenção, que se segue, onde:

a figura 1 é um fluxograma exemplificativo do processo de um processo tratador com amina, ilustrando correntes que o conectam ao processo de troca iônica de acordo com uma modalidade da invenção;

a figura 2 é uma modalidade exemplificativa de um fluxograma do processo de troca iônica que pode ser usado com o processo tratador com amina da figura 1, ilustrando correntes que o conectam ao processo tratador

com amina de acordo com uma modalidade desta invenção; e

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[00041] Embora em um aspecto a invenção se refira a um processo de regeneração para uma unidade de troca iônica que trata uma solução amínica, a invenção será exemplificada em combinação com um processo tratador com amina.

[00042] Como ilustrado nas figuras 1 e 2, uma unidade de troca iônica (figura 2) pode ser integrada com um processo tratador com amina (figura 1) para remover sais termicamente estáveis de um solvente amínico. Deve-se avaliar que qualquer projeto específico conhecido nessas técnicas pode ser usado para a unidade tratadora de amina e para a unidade de troca iônica, e que as modalidades ilustradas nas figuras 1 e 2 são exemplificativas. Por exemplo, um gás de alimentação pode conter apenas um gás-alvo (por exemplo, dióxido de enxofre) ou uma pluralidade de gases-alvo (por exemplo, dióxido de enxofre e dióxido de carbono). Caso uma pluralidade de gases seja visada para a remoção do gás de alimentação, então a unidade tratadora com amina pode ter uma pluralidade de zonas de absorção, cada uma delas utilizando uma corrente de solvente diferente, produzindo desta forma uma pluralidade de correntes de solvente que pode ser regenerada individualmente. Por exemplo, um primeiro circuito de solvente pode ser disponibilizado para remover dióxido de enxofre de um gás ácido, usando um primeiro solvente, e regenerar o primeiro solvente. Um segundo circuito de solvente pode ser disponibilizado para remover dióxido de carbono do gás ácido, usando um segundo solvente, e subsequentemente à remoção do dióxido de enxofre, e regenerar o segundo solvente. Uma primeira unidade de troca iônica pode ser utilizada para remover os sais termicamente estáveis do primeiro absorvente amínico, e uma segunda unidade de troca iônica pode ser utilizada para remover os sais termicamente estáveis do segundo absorvente amínico. Deve-se avaliar que cada unidade de troca iônica pode compreender um ou uma

pluralidade de reatores ou colunas de troca iônica e pode utilizar tanques de alimentação de tanques de armazenamento como é do conhecimento nessas técnicas, tal como para uso em assegurar uma alimentação contínua para uma coluna de troca iônica e reduzir surgências durante o processo inteiro.

[00043] Deve-se avaliar que a corrente de gás de alimentação pode conter apenas um ou uma pluralidade de gases ácidos, por exemplo, SO_2 e/ou H_2S e/ou CO_2 , e que a corrente de gás de alimentação pode ser sequencialmente tratada em diferentes estágios para reduzir a concentração de cada gás ácido até abaixo de um nível predeterminado. Consequentemente, uma corrente de gás de alimentação pode ser colocada em contato com um primeiro solvente amínico para reduzir a concentração de um primeiro gás ácido, por exemplo, SO_2 , até abaixo de um nível predeterminado. A corrente de gás de alimentação pode ser então colocada em contato com um segundo solvente amínico para capturar seletivamente um segundo gás ácido, por exemplo, CO_2 e/ou H_2S , da corrente de gás de alimentação. A corrente de gás de alimentação pode ser então colocada em contato com um terceiro solvente amínico para capturar seletivamente um terceiro gás, por exemplo, NO_x da corrente de gás de alimentação. Alternativamente, dois ou mais gases podem ser removidos em um estágio de tratamento. Consequentemente, um solvente pode ser usado para capturar dois ou mais gases da corrente de gás de alimentação. Deve-se avaliar que a corrente de gás de alimentação pode conter também NO_x , que pode ser capturado por um complexo de EDTA com ferro (II). Como o sal de FE EDTA (nitrosila) resultante formado pela absorção de NO_x do gás de alimentação seria removido pela resina de troca iônica, prefere-se que os sais termicamente estáveis sejam removidos de um absorvente de NO_x regenerável por outros meios conhecidos nessas técnicas. Consequentemente, prefere-se que o processo de troca iônica aqui enunciado seja usado em associação com a regeneração de um absorvente usado em um processo de captura de gases capturáveis por aminas (isto é, capazes de ser

separados de um gás de alimentação por um solvente amínico, por exemplo, SO_2 , H_2S , CO_2).

[00044] Os sais termicamente estáveis podem se acumular em cada solvente. Portanto, pelo menos uma parte de cada solvente pode ser alimentada separadamente para uma unidade de troca iônica a fim de remover sais termicamente estáveis do solvente. Assim sendo, o primeiro solvente pode ser alimentado para uma primeira coluna de troca iônica e o segundo solvente pode ser alimentado para uma segunda coluna de troca iônica. Desta maneira, cada solvente pode ser circulado em um circuito separado para impedir a mistura das diferentes correntes de solventes. Alternativamente, cada solvente pode ser tratado separadamente em uma única unidade de troca iônica.

[00045] O gás de alimentação fornecido para o processo tratador com amina pode ser qualquer corrente de gás que contém pelo menos um gás ácido. De preferência, a corrente de gás de alimentação contém pelo menos um entre SO_2 , CO_2 e H_2S , e mais preferivelmente, contém pelo menos SO_2 e CO_2 . O gás de alimentação pode ser uma corrente de gás de processo ou uma corrente de gás residual obtida a partir de várias fontes. Por exemplo, a corrente de gás de alimentação pode ser:

(a) Gás natural corrosivo, compreendendo metano, outros hidrocarbonetos, sulfeto de hidrogênio, dióxido de carbono e água, usualmente em pressão elevada de até 10 MPa (100 bar) e temperatura moderada perto da temperatura ambiente.

(b) Gás de combustão da combustão de combustível fóssil isento de enxofre, compreendendo nitrogênio, oxigênio, dióxido de carbono e água, em pressão perto da pressão atmosférica e temperatura elevada de até 200 °C ou mesmo mais alta.

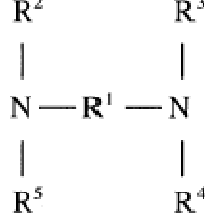
(c) Gás de combustão da combustão de combustível fóssil que contém enxofre, compreendendo nitrogênio, oxigênio, dióxido de carbono

dióxido de enxofre, trióxido de enxofre e água, em pressão substancialmente igual à pressão atmosférica e temperatura elevada de até 200 °C ou mesmo mais alta.

(d) Gás residual de unidades de produção de ácido sulfúrico, compreendendo nitrogênio, oxigênio, dióxido de carbono, dióxido de enxofre e trióxido de enxofre, em pressão perto da pressão atmosférica e temperatura moderadamente elevada de menos do que 200 °C.

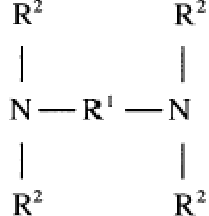
[00046] Quando o dióxido de enxofre se dissolve em água e reage com ela, ele produz ácido sulfuroso, H_2SO_3 , que é um ácido substancialmente mais forte ($\text{pK}_{\text{a}1} = 1,8$) do que o ácido carbônico, H_2CO_3 ($\text{pK}_{\text{a}1} = 6,4$), produzido pela hidratação de dióxido de carbono ou sulfeto de hidrogênio ($\text{pK}_{\text{a}1} = 7,0$). Caso seja desejado capturar dióxido de enxofre a partir de um gás de alimentação, usando um processo tratador com amina regenerável, então uma amina adequadamente fraca com uma pK_a de preferência menor do que 6 é usada preferencialmente. A amina fraca não é capaz de capturar qualquer quantidade significativa de CO_2 , que permanece no gás tratado. Consequentemente, essa amina fraca pode ser usada para capturar seletivamente SO_2 a partir de um gás de alimentação que contém SO_2 e CO_2 . Uma névoa de ácido sulfúrico ($\text{pK}_{\text{a}2} = -3$) é tão forte que ela forma sais termicamente estáveis com solventes de SO_2 regeneráveis.

[00047] O solvente alanol-amina usado para capturar seletivamente SO_2 pode ser qualquer um daqueles descritos na patente nº US 5.019.361, cujo teor é aqui incorporado como referência. Particularmente, o solvente pode ser representado pela fórmula estrutural:



onde R¹ é alquilenos com dois ou três átomos de carbono, R², R³, R⁴ e R⁵ podem ser iguais ou diferentes e podem ser hidrogênio, alquila (por exemplo, alquila inferior com 1 a cerca de 8 átomos de carbono, incluindo cicloalquilas), hidróxi-alquila (por exemplo, hidróxi-alquila inferior com 2 a cerca de 8 átomos de carbono), aralquila (por exemplo, 7 a cerca de 20 átomos de carbono) arila (de preferência, monocíclica ou bicíclica), alcarila (por exemplo, 7 a cerca de 20 átomos de carbono), e qualquer um entre R², R³, R⁴ e R⁵ pode formar estruturas cíclicas. As diaminas são compostos orgânicos que contêm dois átomos de nitrogênio, e são frequentemente preferidas devido à sua disponibilidade comercial e viscosidade geralmente mais baixa. As amina, por exemplo, as diaminas, são de preferência diaminas terciárias, em virtude da sua estabilidade. Entretanto, outras podem ser empregadas, desde que existam condições oxidantes ou térmicas brandas para minimizar a reação química do solvente. Frequentemente, os sais de amina absorventes preferidos têm um grupo hidróxi-alquila como um substituinte em um grupo amina. Em alguns casos, acredita-se que o substituinte hidroxila retarde a oxidação de sulfito ou bissulfito a sulfato.

[00048] Para permitir um alto carregamento de dióxido de enxofre recuperável a ser absorvido no meio absorvente sob condições de pressão atmosférica, é preferível que a forma livre da amina absorvente tenha um peso molecular menor do que cerca de 250. Frequentemente, as diaminas terciárias têm a fórmula:



onde R¹ é um grupo aquileno, de preferência contendo entre 2 e 3 átomos de carbono como uma cadeia linear ou como uma cadeia ramificada, e cada R² é igual ou diferente e é um grupo alquila, de preferência metila ou etila, ou um grupo hidróxi-alquila, de preferência 2-hidróxi-etila. Os compostos especificamente preferidos são N,N',N'-(trimetil)-N-(2-hidróxi-etil)-etilenodiamina (pK_a = 5,7); N,N,N',N'-tetrametilenodiamina (pK_a = 6,1); N,N,N',N'-tetracis-(2-hidróxi-etil)-etilenodiamina (pK_a = 4,9); N-(2-hidróxi-etil)-etilenodiamina (pK_a = 6,8); N,N'-dimetil-piperazina (pK_a = 4,8); N,N,N',N'-tetracis-(2-hidróxi-etil)-1,3,-diaminopropano; e N',N'-dimetil-N,N-bis-(2-hidróxi-etil)-etilenodiamina. Estão incluídos também entre as diaminas úteis os compostos heterocíclicos, tais como piperazina (pK_a = 5,8). Os valores de pK_a são para o nitrogênio sorvente.

[00049] Caso seja desejado capturar gases ácidos fracos tais como H₂S e/ou CO₂, então uma amina mais forte com pK_a > 7,5, tais como monoetanol-amina, dietanol-amina ou metil-dietanol-amina, são usadas preferivelmente. Os ácidos substancialmente mais fortes do que H₂S ou ácido carbônico formarão sais termicamente estáveis. Os exemplos são SO₂, ácido fórmico, ácido acético, ácido clorídrico, ácido sulfúrico e ácido tiociânico.

[00050] As aminas solventes de dióxido de carbono podem ser primárias, secundárias ou terciárias com pK_a's na faixa entre 6,0 e 10, de preferência 6,5-10, e mais preferivelmente 6,5-9,5. Para impedir a perda da amina com o gás tratado, as aminas preferidas têm, de preferência, uma pressão de vapor menor do que 1 mm de Hg a 50 °C sobre o solvente. As aminas preferidas incluem ácido 4-(2-hidróxi-etil)-1-piperazinoetano-sulfônico (pK_a = 7,5), ácido morfolinoetano-sulfônico (pK_a = 6,1), N-(2-hidróxi-etil)-etilenodiamina (pK_a 1 = 9,5, pK_a 2 = 6,5), piperazina (pK_a 1 = 9,8, pK_a 2 = 5,6), N-(2-hidróxi-etil)-piperazina (pK_a 1 = 9,0, pK_a 2 = 4,5), benzimidazol (pK_a = 5,5), e N,N'-bis-(2-hidróxi-etil)-piperazina (pK_a 1 = 7,8,

$\text{pK}_a 2 = 3,9$), e misturas delas.

[00051] Caso seja desejado capturar SO_2 e também CO_2 , então, para evitar que a totalidade do SO_2 forme um sal termicamente estável no processo de captura de CO_2 , o SO_2 é, de preferência, capturado em primeiro lugar com um solvente apropriado. O CO_2 é então removido em uma segunda etapa. Como o sulfeto de hidrogênio não é termodinamicamente estável na presença de SO_2 ou oxigênio, então apenas concentrações mínimas são encontradas geralmente em correntes que contêm SO_2 ou O_2 .

[00052] Na modalidade preferida da figura 1, a corrente de gás de alimentação 12, que é tratada na unidade tratadora com amina 10, contém um único gás capturável por amina visado, por exemplo, SO_2 . Como ilustrado na figura 1, de preferência, a corrente de gás de alimentação 12 é primeiramente pré-separado para remover a matéria particulada da corrente de gás de alimentação 12 e para arrefecê-la, de preferência, até pelo menos aproximadamente sua temperatura de saturação adiabática. Em alguns casos, a temperatura do gás de alimentação pode ser reduzida até uma temperatura ainda mais baixa disponibilizando um trocador de calor para resfriar a água circulante. Este pré-tratamento da água pode remover também outros contaminantes do gás de alimentação, por exemplo, ácido clorídrico e ácido sulfúrico. Qualquer sistema de pré-separação conhecido nessas técnicas pode ser usado. Como ilustrado na figura 1, a corrente de gás de alimentação 12 pode ser alimentada para o pré-separador 14, onde ela entra em contato de forma contracorrente com uma corrente de fluido de pré-separação 16, de preferência água, que pode ser aspergida para dentro do pré-separador 14 por meio de bicos de injeção 18 apropriados. A corrente de fluido de pré-separação 16 é de preferência recirculada. Consequentemente, uma corrente de reciclagem 20 pode ser alimentada para a bomba 22 de onde uma corrente de retorno 24 é devolvida para o pré-separador. Uma corrente de purga 26 que vai para o refugo pode ser usada para controlar o nível de sólidos dissolvidos

e em suspensão na água recirculante e uma corrente de reposição de água 28 pode ser usada para substituir a água perdida pela evaporação para dentro do gás de alimentação e para a purga.

[00053] Depois de atravessar o pré-separador opcional 14, a corrente de gás de alimentação pré-tratada pode então ser passada através de uma zona de absorção 30 na coluna 32, que pode ser uma zona de absorção de dióxido de enxofre. O gás pré-separado 34 pode escoar do pré-separador 14 para dentro da coluna de absorção 32 através, por exemplo, um prato de chaminé 36, que permite a passagem de gás para cima, mas impede que o líquido escoe para baixo para dentro do pré-separador 14.

[00054] Um solvente amínico pobre (isto é, pobre na impureza de gás ácido) é de preferência um solvente regenerado e pode ser introduzido por intermédio da corrente 38 dentro da coluna de absorção 32, onde ele de preferência escoar em contracorrente para a corrente de gás de alimentação pré-tratada 34 de modo a produzir uma corrente de solvente amínico rica 40 e uma corrente de gás de alimentação tratada 42. De preferência, a corrente de solvente amínico pobre 38 escoar para baixo através, por exemplo, de compactação na zona de absorção 30, que promove bom contato gás-líquido com o gás em escoamento ascendente. O solvente pobre captura seletivamente a impureza do gás ácido, deixando a coluna de absorção como uma corrente de solvente rica.

[00055] A corrente de gás de alimentação tratada 42 pode ser então introduzida em uma ou mais zonas de absorção (não ilustradas), liberada para a atmosfera, transportada para equipamentos adicionais para tratamento adicional ou reciclada dentro de um processo. Por exemplo, uma segunda zona de absorção pode ser projetada para remover dióxido de carbono da corrente de gás de alimentação. Uma terceira zona de absorção pode ser projetada para remover NO_x, e opcionalmente algum mercúrio da corrente de gás de alimentação. Deve-se avaliar que os gases ácidos podem ser removidos

seletivamente do gás de alimentação em qualquer ordem desejada. Por exemplo, a zona de absorção de dióxido de carbono pode ser a montante ou a jusante das zonas de dióxido de enxofre e NO_x . Entretanto, como o SO_2 tende a formar sais termicamente estáveis em solventes para gases ácidos mais fracos, é preferível capturar o SO_2 antes de outras impurezas gasosas.

[00056] O poluente capturado é removido da corrente de solvente amínico rica aquecendo a corrente de modo a liberar o poluente capturado. De preferência, uma coluna separadora a vapor d'água é utilizada, onde o vapor d'água fornece pelo menos algum calor necessário para liberar o poluente capturado do solvente. Como ilustrado na figura 1, a corrente de solvente amínico rica 40 e a corrente de solvente amínico pobre quente 46 podem ser passadas através de um trocador de calor indireto 44 para produzir a corrente de solvente amínico rica quente 48 que é introduzida dentro da coluna separadora a vapor d'água 50.

[00057] Da mesma forma que na coluna de absorção 32, a coluna separadora a vapor d'água 50 pode ter qualquer projeto conhecido nessas técnicas e pode ser um projeto recheado ou com pratos. A corrente de solvente amínico rica quente 48 escoar de preferência para baixo através, por exemplo, do recheio 52, na torre de regeneração ou separação a vapor d'água 50. A corrente de solvente amínico rica quente 48 é introduzida em uma parte superior da coluna 50 para escoar de forma descendente através da coluna 50. Caso desejado, a bomba 64 é usada para circular a corrente 66 do fundo da coluna separadora a vapor d'água 50 para o reaquecedor 54. Deve-se avaliar que o reaquecedor 54 pode ser um reaquecedor com circulação forçada, um reaquecedor com caldeira ou um reaquecedor com termossifão. Uma bomba de amina pobre quente é de preferência instalada para forçar o solvente através do trocador pobre/rico para dentro de um tanque de surgência de amina pobre (não ilustrado). O vapor d'água gerado pela ebulição do solvente amínico no reaquecedor 54 entra na coluna 50 como vapor d'água 60, para

proporcionar energia e promoção de transferência de massa para separar o gás ácido do solvente amínico.

[00058] O reaquecedor é aquecido por qualquer meio conhecido nessas técnicas. De preferência, o reaquecedor 54 é aquecido indiretamente pela corrente 56 (que pode ser vapor d'água e pode ser obtida a partir de qualquer fonte) através, por exemplo, de um feixe de tubos de transmissão de calor, produzindo uma corrente de condensado de vapor d'água 58 que pode ser reciclada para produzir mais vapor d'água ou usada em outro lugar em uma unidade de produção. A ebulição do solvente no reaquecedor 54 produz um fluxo de vapor d'água e gás ácido dessorvido 60 dentro da coluna 50. O vapor d'água e o gás ácido dessorvido ascendem para cima através da zona de dessorção (recheio 52) da coluna 50, aquecendo o fluxo descendente da corrente de solvente amínico rica quente 48 e transportando para cima o poluente gasoso que emana do solvente. O vapor d'água e o poluente (neste caso, dióxido de enxofre) saem da coluna 50 como corrente 62. De preferência, o vapor d'água e o gás ácido dessorvido percorrem para cima através de uma seção de retificação de refluxo 68 da torre de regeneração 50 antes de saírem da torre 50 como corrente 62.

[00059] A corrente 62 é resfriada no condensador suspenso 70, que condensa a maior parte do vapor d'água, criando uma corrente em duas fases 72 que pode ser separada no acumulador de refluxo 74 para dentro da corrente de refluxo de líquido de topo 76 e uma corrente de gás ácido 78. O gás ácido pode escoar para descarte ou processamento adicional. A corrente de refluxo do topo 76 é dividida em corrente 80, que é usada no processo de troca iônica, e corrente 82 que é devolvida para a torre de regeneração 50 de modo a retornar para o solvente amínico.

[00060] O solvente regenerado é coletado no fundo da coluna 50 e é removido da coluna 50 como corrente 66, uma parte dela é reciclada como corrente de solvente amínico pobre quente regenerado 46. A amina pobre do

fundo da torre de regeneração escoar como corrente 46 através do trocador de calor 44 para formar a corrente de amina pobre fria 84.

[00061] Os sais termicamente estáveis se acumulam no solvente amínico. Consequentemente, o solvente amínico é submetido a um processo de troca iônica para remover os sais termicamente estáveis. Por exemplo, pelo menos uma parte do solvente amínico é submetida à troca iônica para remover os sais termicamente estáveis dela e de preferência apenas uma parte dela (por exemplo, uma corrente de sangramento). De preferência, a corrente de sangramento é retirada da corrente de amina pobre fria 84. De acordo com essa modalidade, como ilustrada na figura 1, a corrente 86 envia solvente amínico rico em sais termicamente estáveis para a unidade de remoção de sais termicamente estáveis por troca iônica 90. A unidade de troca iônica 90 devolve a primeira corrente de solvente amínico pobre em sais termicamente estáveis 88, que tem um teor mais baixo de sais termicamente estáveis. A corrente 38 completa o circuito, enviando solvente amínico pobre para a separação de gás ácido até a torre absorvedora 32.

[00062] Como é do conhecimento dos familiarizados com essas técnicas, os detalhes do processo tratador com amina podem ser mudados ou adicionados sem mudar os princípios genéricos ou sua relevância para a presente invenção. Por exemplo, diferentes tipos de equipamentos para efetuar o contato gás/líquido no absorvedor e no regenerador podem ser usados para realizar o mesmo efeito de absorção e separação. Outros fluxogramas, tais como aqueles que têm correntes de amina pobres e semipobres também podem ser usados na aplicação da presente invenção.

[00063] A figura 2 ilustra uma modalidade de uma unidade de troca iônica 90 que pode ser usada de acordo com a presente invenção. Como lá ilustrado, a unidade de troca iônica 90 inclui o tanque opcional de surgências 92 e uma única coluna de troca iônica 94. Como a resina de troca iônica na coluna de troca iônica 94 deve ser ocasionalmente regenerada, deve-se avaliar

que em base periódica (isto é, de tempos em tempos conforme necessário) o fluxo da corrente de solvente amínico pobre rica em sais termicamente estáveis 96 através da coluna de troca iônica 94 será terminado, permitindo que a resina de troca iônica seja regenerada. Em uma modalidade alternativa, deve-se avaliar que uma pluralidade de colunas de troca iônica 94 pode ser instalada. Consequentemente, a corrente de solvente amínico pobre 96, rica em sais termicamente estáveis, pode ser alimentada continuamente através de pelo menos uma coluna de troca iônica 94 para remover os sais termicamente estáveis dela enquanto a resina de troca iônica em uma ou mais colunas alternadas 94 está sendo regenerada.

[00064] Qualquer construção de um reator de troca iônica conhecida nessas técnicas pode ser utilizada. Tipicamente, o meio de troca iônica é uma resina formada como contas. Consequentemente, uma coluna de troca iônica tem tipicamente um suporte para receber as contas de resina de troca iônica. O meio de troca iônica, portanto, pode ser contas de polímero que têm grupos funcionais no polímero. Uma resina de troca iônica tem geralmente funções básicas como sítios de troca. Várias resinas de troca iônica podem ser usadas no processo desta invenção. As resinas de troca aniônica de bases fortes são distinguidas tipicamente por terem sítios fixos de troca aniônica de aminas quaternárias, que são positivamente carregados em qualquer pH. As resinas de troca aniônica de bases fracas têm sítios fixos de troca aniônica de aminas primárias ou secundárias. Os sítios são positivamente carregados, dependendo do pH da solução. Em pH mais alto, os sítios são neutros.

[00065] As resinas de bases fortes do Tipo I são aquelas que contêm grupos funcionais tetrametil-amônio. As resinas de bases fortes do Tipo II contêm geralmente grupos funcionais hidróxi-etil-trimetil-amônio. Os exemplos de resinas de troca aniônica de bases fortes do Tipo I são resinas de estireno/divinil-benzeno com grupos de amônio quaternário anexados ao esqueleto de polímero, tais como Resintech® SBG-1 e Sybron® ASB-1,

comercializadas pela Resintech Company. As resinas de troca aniônica de bases fortes do Tipo II incluem resinas de estireno/divinil-benzeno com grupos alcanol-amina quaternários anexados ao esqueleto do polímero, tais como Resintech® SBG-II e Sybron® ASB-II, também disponíveis na Resintech Company. Outras resinas que podem ser usadas incluem materiais tais como Mobay® M500 da Bayer AG, uma resina de troca aniônica de bases fortes do Tipo I, que é uma resina de poliestireno com grupos funcionais de amônio quaternário anexados ao esqueleto de polímero; Amberlyst® A-26 da Rohm and Haas, uma resina de troca aniônica de bases fortes do Tipo I, que é um copolímero de estireno/divinil-benzeno com grupos amônio quaternário anexados ao esqueleto do polímero; e Amberlite® IRA-410 da Room and Haas, uma resina de troca aniônica do tipo amina de base forte do Tipo II. Estão incluídas também resinas de troca aniônica de bases fortes, de estireno/divinil-benzeno da Dow, que têm aminas quaternárias como grupos funcionais. Estes materiais estão disponíveis sob a marca comercial DOWEX. As resinas de géis acrílicos de bases fracas, tais como aquelas fornecidas pela Purolite®, também podem ser usadas. Podem ser usadas resinas em gel ou macroporosas.

[00066] As resinas precedentes são meramente ilustrativas de resinas de troca iônica úteis e esta lista não pretende limitar as resinas que podem ser usadas ao conduzir o processo da invenção. Para o propósito da presente invenção, pretende-se que qualquer resina de troca iônica usada recuperar solventes amínicos gastos pode ser regenerada usando o processo aqui descrito. Estas resinas são facilmente identificáveis pelos versados nessas técnicas.

[00067] A corrente de solvente amínico pobre, rica em sais termicamente estáveis, 96 (que pode ser obtida a partir do tanque de surgências 92) ou que pode ser meramente uma extensão da corrente de sangramento 86, caso o tanque de surgências 92 não seja instalado, é deixada

escoar através da coluna de troca iônica 94 para produzir a primeira corrente de solvente amínico pobre em sais termicamente estáveis 88. Esta é a etapa de carregamento de resina ou a etapa de exaustão da resina. Durante esta etapa, a resina na coluna 94 interage com o solvente amínico para remover os sais termicamente estáveis do solvente amínico. Quando a capacidade de a resina de troca iônica remover sais termicamente estáveis do solvente amínico atinge um nível desejado, ou depois de um tempo predeterminado, o fluxo do solvente amínico através da coluna 94 é terminado.

[00068] Prefere-se remover os ânions termicamente estáveis do solvente amínico que é pobre em gases absorvíveis por aminas, em vez do solvente amínico rico em gases absorvíveis por aminas, pois a resina de troca iônica tenderá também a reagir com os ânions do gás absorvível por aminas, que estão presentes no solvente amínico. Consequentemente, fornecendo o solvente amínico pobre para a coluna 94, uma proporção maior da resina de troca iônica interagirá com os sais termicamente estáveis presentes no solvente amínico pobre e não com os ânions do gás absorvível por aminas, tal como sulfito. Portanto, por volume unitário de solvente amínico que atravessa a coluna de troca iônica, uma proporção maior de sais termicamente estáveis será removida da solução de amina.

[00069] A interação do solvente amínico com a resina de troca iônica resulta na conversão do solvente amínico na sua forma de base livre. O solvente amínico que tem uma concentração reduzida de sal termicamente estável (isto é, a primeira corrente de solvente amínico pobre em sais termicamente estáveis 88) é então devolvido para a unidade tratadora de amina 10. A primeira corrente de solvente amínico pobre em sais termicamente estáveis 88 pode ser devolvida para qualquer local desejado no processo tratador com amina e, de preferência, é introduzida a jusante do trocador de calor 44 e a montante da coluna 32, como ilustrado na figura 1.

[00070] Alguns processos tratadores com aminas podem operar com

um nível significativo de sais termicamente estáveis presentes (vide, por exemplo, pedido de patente nº US 10/639.678). Nesse caso, deseja-se reduzir o sal termicamente estável apenas parcialmente, mas ainda passando suficiente solvente amínico que contém sais termicamente estáveis através da coluna 94 para saturar completamente a resina de troca iônica com ânions termicamente estáveis, antes da regeneração da resina de troca iônica. Isto maximiza a eficiência do processo de troca iônica com relação à perda de amina e necessidades de regenerante e líquido de enxágue por quantidade de ânions removidos.

[00071] Subsequentemente à etapa de exaustão, a resina de troca iônica é de preferência tratada para remover o solvente amínico dela antes de começar a etapa de regeneração. Portanto, de acordo com esta invenção, a resina de troca iônica é de preferência colocada em contato com uma corrente de lavagem, que pode ser ácida, para remover o solvente amínico da coluna 94.

[00072] O refluxo, depois de atravessar a coluna 94, produz a segunda corrente de solvente amínico pobre em sais termicamente estáveis 98 devido à adição de água na parte da corrente de refluxo 80 fornecida para a coluna 94. A concentração da amina na corrente 98 é diluída em comparação com a amina circulante na unidade tratadora com amina 10. Entretanto, reciclando a corrente 98 para a unidade tratadora de amina 10, essencialmente a totalidade da água e da amina desviada para a unidade de troca iônica 90 é devolvida para a unidade tratadora de amina 10, desta forma essencialmente mantendo o equilíbrio de massas da unidade tratadora de amina 10 e, conseqüentemente, impedindo a diluição da amina na unidade tratadora com amina 10, o que ocorreria caso água doce fosse usada para a etapa de lavagem em vez do refluxo 80.

[00073] Deve-se avaliar que em uma modalidade alternativa alguma água de reposição pode ser adicionada à corrente de refluxo 80, caso

necessário. A necessidade de mais água de lavagem poderia gerar em casos nos quais a quantidade de refluxo produzida é baixa, devido a uma baixa necessidade de vapor d'água para regeneração, mas nos quais a taxa de acumulação de sais termicamente estáveis é alta, requerendo uma alta taxa operacional da unidade IX. Até 3 partes de água poderiam ser adicionadas para uma parte de refluxo, mas prefere-se adicionar tão pouco quanto possível.

[00074] A corrente 98 pode ser devolvida para o circuito de amina contínuo na unidade tratadora de amina 10 a jusante do trocador de calor 44 e a montante da coluna 32 (similarmente à corrente 88). Alternativamente, a corrente 98 pode ser devolvida para a parte extratora de vapor d'água do processo tratador com amina (ela pode ser adicionada a uma ou ambas as ou à correntes 82 e também à corrente 48). Esta rota alternativa pode ser utilizada caso o gás absorvível por amina seja SO_2 .

[00075] Uma vantagem adicional de utilizar o refluxo para remover a amina por lavagem da coluna 94 é que os cátions metálicos que são precipitados a partir da amina (por exemplo, Fe^{3+}) ou são depositados na coluna de troca iônica a partir de sólidos em suspensão na amina (por exemplo, carbonato de cálcio), tenderão a serem solubilizados novamente. Caso estes cátions metálicos não sejam solubilizados novamente, então eles tenderão a impedir o fluxo de líquido através da coluna de troca iônica ou possivelmente interferirão com o transporte de ânions para dentro ou para fora da resina.

[00076] De preferência, no final da etapa de lavagem, e antes da etapa de regeneração, a resina de troca iônica é lavada com água desmineralizada ou condensado de vapor d'água, que pode ser suprido pela corrente 100. Esta água de lavagem é fornecida para remover o refluxo da coluna 94. A passagem da água de lavagem 100 através da coluna 94 resulta em uma corrente de efluente de água de lavagem 102 que pode ser alimentada para o

tanque de estocagem 104 para reutilização.

[00077] Subsequentemente, a resina de troca iônica é regenerada usando um agente de regeneração. Por exemplo, o agente de regeneração pode ser uma solução cáustica (por exemplo, uma solução de hidróxido de sódio a 4%), que é fornecida por intermédio da corrente 106. O agente de regeneração converte a resina de troca iônica de volta para sua forma inicial. Consequentemente, caso a resina de troca iônica seja uma resina de troca aniônica, e o agente de regeneração é uma solução cáustica, então a soda cáustica converte a resina de troca iônica de volta para sua forma de base (por exemplo, uma amina livre no caso de uma resina de base fraca, e uma forma de hidróxido no caso de uma resina de base forte). A etapa de regeneração resulta na produção de uma solução de agente de regeneração gasto 108. A corrente 108 pode ser alimentada para o pré-separador 14 (ela pode constituir parte ou a totalidade da corrente 28). Consequentemente, a água na corrente 108 pode ser utilizada para arrefecer o gás de alimentação. Além disso, qualquer soda cáustica não reagida ficará disponível para neutralizar ácidos fortes, tais como o ácido sulfúrico, que está presente na corrente de água 20 do pré-separador.

[00078] Subsequentemente à etapa de regeneração, a resina de troca iônica é lavada novamente para remover a soda cáustica dela. Consequentemente, a água doce e/ou a água do tanque 104 pode ser alimentada para a coluna de troca iônica 94 por intermédio da corrente 110. Deslocando o agente de regeneração cáustico do leito de troca iônica evita a contaminação do solvente amínico com soda cáustica ou sais de sódio durante a próxima etapa de carregamento. A água de lavagem gasta, que deve conter alguma soda cáustica pode ser direcionada também para o pré-separador por intermédio da corrente 28.

[00079] De preferência, a lavagem final da resina de troca iônica é realizada com água desmineralizada ou condensado de vapor d'água,

fornecido por intermédio da corrente 100, para remover quantidades adicionais de soda cáustica e sais da resina de troca iônica. Esta água de lavagem pode ser direcionada para o tanque 104 por intermédio da corrente 102 para reutilização como água de lavagem gasta e tem um teor relativamente baixo de solventes cáusticos dissolvidos. Depois da etapa final de lavagem, uma outra etapa de carregamento de resina pode ser começada.

[00080] Descobriu-se que a remoção de sais termicamente estáveis de solventes amínicos fortes e fracos pode ser realizada por um processo essencialmente igual, com apenas um ajuste opcional do tipo de resina e do tipo e quantidade do agente de regeneração, e dos volumes de enxágue que estão sendo necessários para otimizar cada solvente amínico específico e o tipo de sais termicamente estáveis.

[00081] Deve-se avaliar que várias modificações e variações podem ser feitas e todas estas modificações e variações estão dentro do âmbito das reivindicações que se seguem. Por exemplo, qualquer solvente de SO_2 , CO_2 e H_2S conhecido nessas técnicas pode ser usado. Os solventes podem ser regenerados e reciclados e, caso isto ocorra, eles podem ser regenerados e reciclados por qualquer meio conhecido nessas técnicas. A unidade de troca iônica pode usar tanques de surgências e tanques de estocagem para acumular as várias correntes que são usadas na unidade de troca iônica ou que são produzidas pela unidade de troca iônica. Qualquer resina de troca iônica ou séries de resinas conhecidas nessas técnicas podem ser usadas. Deve-se avaliar também que as etapas podem ser combinadas em várias combinações e subcombinações.

EXEMPLOS

[00082] A operação da invenção está ilustrada pelos exemplos representativos que se seguem. Como fica evidente para os versados nas técnicas de troca iônica, muitos dos detalhes dos exemplos podem ser mudados e ao mesmo tempo ainda praticando a invenção aqui descrita.

Exemplo

[00083] A operação da invenção foi testada em uma unidade-piloto. Os experimentos foram realizados para a remoção de sais termicamente estáveis de uma diamina absorvente de SO₂ (Cansolv[®] Asorbent DM) que tem uma concentração de 26,9% de amina, 12,5% de sulfato e 1,8% de sulfito. A concentração de sal (sulfato) termicamente estável neste solvente amínico era de 1,36 mol/mol de amina. Uma coluna de troca iônica com um diâmetro de 15,24 cm (6 in) foi enchida com uma altura de 54,10 cm (21,3 in) com a resina de base fraca Purolite[®] A-830, correspondente a um volume de leito de resina (BV) de 10 litros. A coluna de troca iônica foi alimentada com líquidos de tanques aquecidos por bombas centrífugas. Válvulas, manômetros, termômetros e rotâmetros apropriados foram instalados para uma operação segura e conveniente da unidade. Todos os fluidos foram aquecidos até 50°C. O refluxo sintético foi preparado borbulhando gás SO₂ para dentro da água até que uma concentração nominal de 1,5% fosse atingida (pH = 1,5).

[00084] As análises quanto à amina e ânions foram realizadas com cromatografia iônica, enquanto que as baixas concentrações de íons sódio foram quantificadas por uma medição da condutividade, usando uma curva de calibração. As baixas concentrações de amina em matrizes aquosas foram quantificadas por cromatografia gasosa. O ciclo operacional do processo consistiu na seguinte sequência:

1. Carregamento da resina com ânions termicamente estáveis, passando 4 volumes de leito de resina de solvente amínico através da coluna.
2. Deslocamento do solvente amínico e remoção da amina por lavagem da resina com 2,25 volume de leito de resina do refluxo.
3. Deslocamento do refluxo com 0,5 volume de leito de resina de água desmineralizada.
4. Regeneração da resina de volta para a forma de base passando 4 volumes de leito de resina de hidróxido de sódio a 4% através da coluna.

5. Lavagem final com 1,5 volume de leito de resina de água economizada do final da lavagem final anterior e depois com 4,5 volumes de leito de resina de água desmineralizada.

6. A etapa de carregamento seguinte foi conduzida.

[00085] Esta sequência experimental deu os seguintes resultados na média de um grande número de ciclos:

1. Foi obtido um carregamento de 100 gramas de SO_4^- por litro de resina.

2. A perda de amina foi de 21 gramas por quilograma de SO_4^- removido da solução de amina, principalmente devido à remoção incompleta de amina da coluna pela lavagem com refluxo.

3. Durante um ciclo, a amina, que é devolvida para o processo tratador, foi diluída em cerca de 0,4% (por exemplo, de 26,9% para 26,8% de amina) devido à misturação de água na amina na interface entre a lavagem final do ciclo anterior e a amina do próximo ciclo. Caso a água de lavagem da amina fosse de uma fonte externa, a diluição seria de 34% (de 26,9% para 17,8%). A concentração final da amina neste caso é calculada como a soma de diluição dos 4 volumes de leito de resina do solvente amínico misturando a interface (0,2 volume de leito de resina de água) e os 2,25 volumes de leito de resina de água de lavagem.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para a remoção de um gás capturável por amina (78) de uma corrente de gás de alimentação (12) usando um solvente amínico (38), o método compreendendo:

(a) colocar a corrente de gás de alimentação (12) em contato com um solvente amínico pobre (38) para formar um solvente amínico rico (40, 48), onde os sais termicamente estáveis estão presentes no solvente amínico rico (40, 48);

(b) separar (50) o gás capturável por amina (78) do solvente amínico rico (40, 48) para formar o solvente amínico pobre (46, 84, 38) e uma corrente de refluxo de topo ácida (76); e

(c) periodicamente colocar pelo menos uma parte de um ou ambos entre o solvente amínico pobre (46, 84, 38) e o solvente amínico rico (40, 48) em contato com uma resina de troca aniônica (94) para formar um primeiro solvente amínico pobre de sais termicamente estáveis (88);

o método caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente a etapa de:

(d) periodicamente regenerar a resina de troca aniônica (94), onde antes da regeneração da resina de troca aniônica (94),

(i) a resina de troca aniônica (94) é lavada com pelo menos uma parte da corrente de refluxo de topo ácido (76, 80) do processo tratador de amina para produzir um segundo solvente amínico pobre de sais termicamente estáveis (98), em que a concentração do gás ácido dissolvido na corrente de refluxo de topo ácido (76, 80) é menor do que 5% em peso, caso a corrente de refluxo de topo ácido (76, 80) contenha ácido sulforoso ou ácido carbônico e/ou sulfito de hidrogênio; e

(ii) no final da etapa de lavagem com a pelo menos uma parte da corrente de refluxo de topo ácido (76, 80) e antes da etapa de regeneração, a resina de troca aniônica (94) é lavada com água deionizada

(100) suprida por uma corrente diferente da corrente de refluxo de topo ácido (76, 80) para lavar o refluxo de topo ácido da resina de troca iônica (94); e

(e) reciclar a pelo menos uma parte dos primeiro (88) e segundo (98) solventes amínicos pobres em sais termicamente estáveis para uso na captura do gás capturável por amina (78) do gás de alimentação (12).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o processo tratador de amina trata uma alimentação de gás (12) para remover um ou mais entre SO₂, H₂S e CO₂.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a etapa (d) compreende:

subsequente à etapa de lavagem da resina de troca aniônica (94) com água deionizada (100), colocar a resina de troca aniônica (94) em contato com um agente de regeneração (106) para obter uma resina de troca aniônica (94) regenerada e solução do agente de regeneração gasto (108); e

lavar a resina de troca aniônica (94) com água (110) para remover o agente de regeneração (106) dela e para obter um efluente de lavagem do agente de regeneração (102).

4. Método, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que ainda compreende as etapas de:

submeter a corrente de gás de alimentação (12) provido ao processo de tratamento com amina (10) a uma operação de pré-separação (14);

usar a totalidade ou uma parte de um ou ambos entre a solução do agente de regeneração gasto (108) e o efluente de lavagem do agente de regeneração (102) na operação de pré-separação (14).

5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o refluxo de topo ácido (76, 80) é utilizado sem diluição para lavar a solução do solvente amínico de gás ácido (96) da resina de troca aniônica (94).

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ainda compreende a etapa de selecionar o solvente amínico pobre (46, 84, 38) na etapa (c) como a solução do solvente amínico de gás ácido que é colocado em contato com a resina de troca aniônica (94).

7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que a concentração do gás ácido dissolvido na corrente de refluxo de topo de gás ácido (76) é menor do que 3% em peso, caso a corrente de refluxo de topo ácido (76) contenha ácido sulfuroso ou ácido carbônico e/ou sulfito de hidrogênio.

8. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que a concentração de gás ácido dissolvido na corrente de refluxo de topo de gás ácido (76) é menor do que 2% em peso, caso a corrente de refluxo de topo ácido (76) contenha ácido sulfuroso ou ácido carbônico e/ou sulfito de hidrogênio.

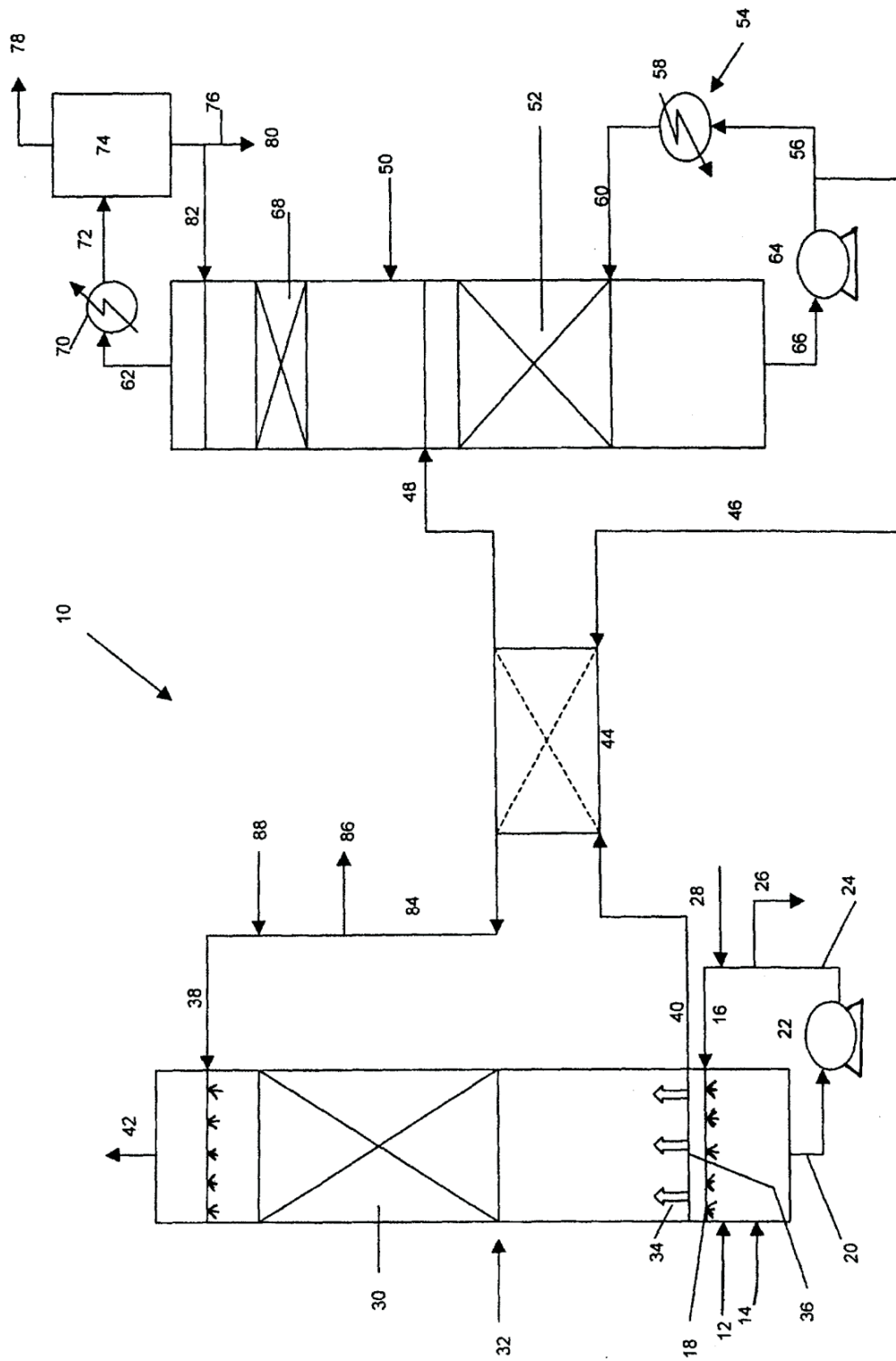


FIG. 1

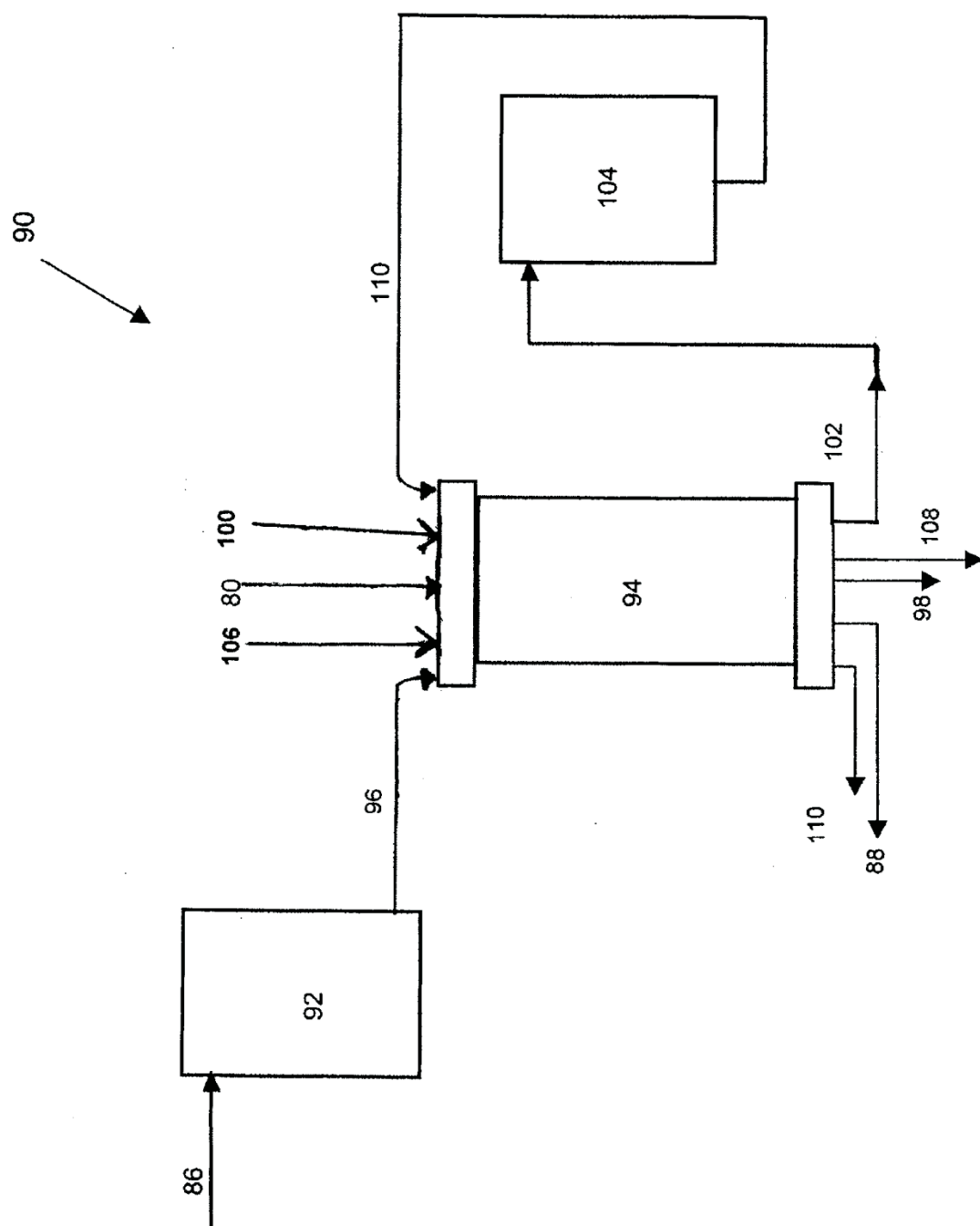


FIG. 2