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

(11) PI 0718958-3 B1

(22) Data do Depósito: 21/11/2007

(45) Data de Concessão: 22/05/2018

(54) Título: MÉTODO PARA REGENERAÇÃO DE UM ABSORVENTE RICO TENDO ABSORVIDO CO2 E REGENERADOR PARA UM ABSORVENTE LÍQUIDO PARA CO2

(51) Int.Cl.: B01D 53/14; C01B 32/50

(52) CPC: B01D 53/1425,B01D 53/1475,C01B 32/50

(30) Prioridade Unionista: 24/11/2006 NO 20065411

(73) Titular(es): AKER CLEAN CARBON AS

(72) Inventor(es): SIMON WOODHOUSE; PAL RUSHFELDT

"MÉTODO PARA REGENERAÇÃO DE UM ABSORVENTE RICO TENDO ABSORVIDO CO2 E REGENERADOR PARA UM ABSORVENTE LÍQUIDO PARA CO2"

Campo Técnico da Invenção

[001] A presente invenção se refere ao campo de captura de CO_2 oriundo de uma mistura gasosa. Mais especificamente, a presente invenção se refere à captura de CO_2 de um gás contendo CO_2, tal como um gás de combustão proveniente da combustão de material carbonáceo ou de outros processos de liberação de CO_2. Mais especificamente, a presente invenção se refere a um método e instalação aperfeiçoados para regeneração de um absorvente de CO_2 em um método e instalação para captura de CO_2.

Antecedentes da Invenção

[002] A contínua e crescente combustão de combustíveis fósseis, tais como carvão, petróleo e gás natural durante os últimos séculos resultou em um aumento na concentração de CO_2 na atmosfera. A crescente concentração de CO_2 tem provocado preocupação devido ao efeito estufa causado pelo CO_2. O efeito estufa é suspeito de já ter provocado pelo menos algumas mudanças no clima, que têm sido observadas nas últimas décadas e, em conformidade com os modelos de simulação, suspeito de provocar mudanças ainda mais potencialmente dramáticas no clima do planeta terra.

[003] Este fato tem chamado a atenção dos cientistas, ambientalistas e políticos de todo o mundo para estabilizar ou mesmo reduzir a descarga de CO_2 da combustão de combustíveis fósseis para a atmosfera. Isso pode ser alcançado mediante captura e deposição segura do CO_2 proveniente de gases de exaustão de usinas de energia térmica e outras instalações, onde o combustível fóssil é queimado.

[004] O CO_2 capturado pode ser injetado em formações subterrâneas, tais como formações aquíferas, poços de petróleo para aperfeiçoar a recuperação de petróleo ou em poços exauridos de petróleo e gás para deposição. Os testes indicam que o CO_2 permanece na formação subterrânea por milhares de anos e não é liberado à atmosfera.

[005] A captura de CO_2 de um gás por meio de absorção é um procedimento bem conhecido e tem sido utilizado há décadas, por exemplo, para remoção de CO_2 (e outros gases ácidos) de gás natural produzido em campos de produção de gás. Os absorventes usados ou sugeridos pelo estado da técnica têm sido diferentes soluções aquosas alcalinas, como, por exemplo, carbonato de potássio, vide Patente U.S. No. 5.528.811, e diferentes aminas, vide, por exemplo, as Patentes U.S. Nos. 4.112.051, 4.397.660 e 5.061.465. A separação de CO_2 dos gases de exaustão de usinas de energia térmica por meio de uma solução de amina é conhecida, por exemplo, da Patente U.S. No. 4.942.734.

[006] Um fato comum para essas soluções de captura de CO_2 é que a mistura gasosa a ser separada é introduzida em contracorrente ao adsorvente aquoso na coluna de absorção. O gás que deixa a coluna de absorção é exaurido de CO_2 (ou exaurido de gás ácido), enquanto o CO_2 (ou outro gás ácido) deixa a coluna de absorção junto com o absorvente. O absorvente é regenerado na coluna de regeneração e retornado à coluna de absorção. A amina é regenerada pela extração da solução de amina com vapor na coluna de regeneração. O vapor é gerado no refervedor na base da coluna.

[007] Conforme ilustrado acima, o CO_2 como tal é bem conhecido na técnica. Entretanto, existe uma necessidade de diversos aperfeiçoamentos no processo de

captura de CO_2 para tornar as usinas de energia térmica, isentas de CO_2 ou com baixa emissão de CO_2, economicamente rentáveis.

[008] As instalações para captura de CO_2 são relativamente grandes, complexas e de construção onerosa. Portanto, é desejado reduzir o tamanho, complexidade e custo das instalações.

[009] A captura do CO_2 é realizada à custa da eficiência de uma usina de energia termelétrica que utiliza combustível fóssil de modo que a produção de energia elétrica e/ou do calor de temperatura média de uma usina de energia termelétrica é reduzida. A eficiência reduzida comparada a uma instalação tradicional torna essas instalações menos rentáveis. Portanto, são procurados aperfeiçoamentos na eficiência, isto é, redução do custo de energia no processo de captura de CO_2.

[0010] Os absorventes atualmente preferidos são soluções aquosas de diferentes aminas. As aminas comumente usadas são as alcanolaminas, tais como, por exemplo, dietanolamina, monometiletanolamina, aminoetiletanolamina, 2-(metilamino) etanol, MDEA, assim como outras aminas conhecidas pelos especialistas versados na técnica. A absorção de CO_2 para os absorventes de amina é uma reação exotérmica reversível. Consequentemente, o calor tem de ser suprido à coluna de regeneração para reverter a absorção e liberar o CO_2.

[0011] O calor suprido à coluna de regeneração, de acordo com o estado da técnica, é suprido no refervedor onde o absorvente é aquecido a uma temperatura tipicamente de cerca de 120°C a 130°C. O absorvente no refervedor pode ser aquecido por uma fonte elétrica de calor, porém, mais comumente, através de um meio térmico, como, por exemplo, um vapor de temperatura média. O refervedor é o principal

consumidor da energia térmica de temperatura média no ciclo de absorção/dessorção para capturar CO_2. Uma redução na demanda de energia térmica de temperatura média melhoraria a economia do processo de captura de CO_2.

[0012] Os documentos de patentes GB No. 2.195.916 e U.S. No. 4.160.810 descrevem o resfriamento de um absorvente pobre que deixa o regenerador mediante vaporização instantânea, sendo dividido em uma corrente de líquido, a qual é introduzida no absorvedor e em uma fase gasosa, a qual é introduzida no regenerador. A pressão da fase gasosa é aumentada por meio de um ejetor, conforme descrito no documento de patente GB No. 2.195.916, ou por meio de um compressor, conforme descrito na Patente U.S. No. 4.160.810.

[0013] O documento de patente EP 1.736.231 se refere a um dispositivo e método para recuperação de CO_2 proveniente de uma mistura gasosa tendo uma configuração básica de acordo com os princípios descritos acima. Dois trocadores de calor são providos para aquecimento do absorvedor rico antes da introdução no regenerador, um primeiro trocador de calor aquecendo o absorvedor rico contra o absorvente pobre proveniente do regenerador, e um segundo trocador de calor aquecendo o absorvente rico ainda contra o condensado proveniente do refervedor. O uso do condensado do refervedor para aquecer o absorvente rico reduz a perda de calor proveniente do aquecimento do refervedor, na medida em que é utilizada a maior parte do calor no vapor para o refervedor.

[0014] A perda de calor no ciclo de absorção e regeneração do processo de captura de CO_2, entretanto, é ainda demasiadamente alta, e instalações e métodos aperfeiçoados estão ainda sendo procurados.

[0015] Um objetivo da presente invenção, portanto, é a obtenção de uma redução no ciclo de trabalho do refervedor e, dessa forma, uma redução na demanda da energia de temperatura média, tal como, o vapor de temperatura média.

Breve Descrição da Invenção

[0016] De acordo com um primeiro aspecto, a presente invenção proporciona um método para regeneração de um absorvente rico tendo absorvido CO_2, para fornecer um absorvente regenerado ou pobre e CO_2, em cujo método uma corrente do absorvente rico é introduzida em uma coluna de regeneração, na qual o absorvente circula descendentemente e em contracorrente com o vapor gerado pelo aquecimento do absorvente pobre em um refervedor na base da coluna de regeneração, onde o CO_2 liberado e o vapor são retirados do topo da coluna e separados para proporcionar uma corrente de CO_2 que é removida, e água condensada que é reciclada na coluna de regeneração, onde o absorvente pobre ou regenerado é retirado da base da coluna e onde o absorvente rico é aquecido por calor proveniente de uma primeira troca térmica contra o absorvente pobre e, posteriormente, aquecido adicionalmente pela troca térmica contra uma fonte de calor de temperatura baixa, antes de entrar na coluna de regeneração, em que o absorvente pobre deixando a coluna de regeneração é vaporizado instantaneamente para produzir uma fase gasosa que é comprimida e reintroduzida na coluna de regeneração, e uma fase líquida que é submetida à troca térmica contra o absorvente rico. A combinação da vaporização instantânea do absorvente pobre que deixa o regenerador, compressão da fase gasosa, introdução da fase gasosa comprimida no regenerador como vapor para extração do absorvente e posterior resfriamento da fase líquida após a vaporização instantânea contra o absorvente rico antes da

introdução no regenerador, reduz a perda de calor no regenerador mediante reciclagem de mais energia térmica de volta para o regenerador. Além disso, a fase líquida após a vaporização instantânea ou o absorvente pobre a ser retornado para o dispositivo de absorção são adicionalmente resfriados, o que é vantajoso para o processo de absorção. A combinação também possibilita um melhor uso do calor de temperatura baixa. O efeito combinado desse modelo de processo é que o perfil de temperatura na coluna é melhorado e que o calor normalmente transferido da amina pobre para a amina rica é mantido na base do dispositivo de extração. O resultado geral é uma eficiência do processo de captura aperfeiçoada e um balanço de energia do sistema aperfeiçoado.

[0017] De acordo com uma primeira modalidade do primeiro aspecto, a fase gasosa comprimida é misturada com água para resfriar e saturar a fase gasosa com vapor, antes da introdução na coluna de regeneração. Após a compressão, a fase gasosa normalmente apresenta uma temperatura mais alta que a exigida para introdução na coluna de regeneração. A introdução de água no vapor resfria o gás e satura o vapor com água para melhorar a utilidade da fase gasosa comprimida para a regeneração do absorvente.

[0018] De acordo com uma modalidade, a água é separada do CO_2 retirado. Ao utilizar a água que é separada do CO_2 separado para introdução na fase gasosa comprimida, o balanço de água do sistema global é mantido, visto que nenhuma quantidade de água é adicionada ou removida pelo processo.

[0019] De acordo com um segundo aspecto, a presente invenção se refere a um método para capturar CO_2 a partir de um gás que contém CO_2, o método compreendendo a introdução de um absorvente líquido pobre e do gás contendo

CO_2 em um absorvedor, no qual o gás contendo CO_2 é obrigado a circular em contracorrente com o absorvente pobre para produzir um absorvente rico e uma corrente de gás exaurida de CO_2, liberando o gás exaurido de CO_2 para o ambiente, retirando o absorvente rico do absorvedor, em que o absorvente rico é introduzido em uma coluna de regeneração, na qual o absorvente circula descendentemente e em contracorrente com o vapor gerado por aquecimento do absorvente pobre em um refervedor na base da coluna de regeneração, onde o CO_2 liberado e o vapor são retirados do topo da coluna e separados para proporcionar uma corrente de CO_2 que é removida e em que água condensada é reciclada na coluna de regeneração, onde o absorvente pobre ou regenerado é retirado pela base da coluna e onde o absorvente rico é aquecido por calor proveniente de uma primeira troca térmica contra o absorvente pobre e, posteriormente, aquecido adicionalmente pela troca térmica contra uma fonte de calor de temperatura baixa, antes de entrar na coluna de regeneração, em que o absorvente pobre que deixa a coluna de regeneração é vaporizado instantaneamente para produzir uma fase gasosa que é comprimida e reintroduzida na coluna de regeneração, e uma fase líquida que é submetida à troca térmica contra o absorvente rico. De acordo com esse aspecto, o método acima descrito para regeneração de um absorvente é implementado em uma instalação para captura de CO_2, incluindo as vantagens aqui mencionadas para o método de captura de CO_2.

[0020] De acordo com um terceiro aspecto, a presente invenção proporciona um regenerador para um absorvente líquido de CO_2, compreendendo uma coluna de regeneração, uma linha de absorvente rico para introdução do absorvente rico na coluna de regeneração, meios de retirada para retirar o adsorvente pobre da base da coluna

de regeneração, um refervedor para aquecimento de uma porção do absorvente retirado antes da reintrodução na coluna de regeneração para produção de vapor que é reintroduzido na coluna, uma linha de absorvente pobre para reciclagem de uma porção do absorvente retirado pelos meios de retirada para um absorvedor, um trocador de calor para aquecimento do absorvente rico contra o absorvente retirado pobre, e um trocador de calor para adicionalmente aquecer o absorvente rico aquecido contra uma fonte de temperatura baixa antes de o gás rico entrar no regenerador, uma linha de retirada de gás para retirada de CO_2 e vapor do topo da coluna de regeneração e meios de separação para separar o gás retirado do topo da coluna de regeneração e uma corrente de CO_2 que é exportada do regenerador, e água que é reciclada para a coluna de regeneração, o regenerador compreendendo adicionalmente meios de vaporização instantânea, uma linha de retirada de vapor conectando os meios de vaporização instantânea com um compressor para compressão de uma fase gasosa extraída, uma linha para injeção da fase gasosa comprimida na coluna de regeneração e uma linha de absorvente pobre conectando os meios de vaporização instantânea com o trocador de calor. A combinação dos meios de vaporização instantânea, compressor para comprimir a fase gasosa após a vaporização instantânea, linha de injeção para injeção da fase gasosa comprimida no regenerador e a linha de absorção pobre para a fase líquida ou linha de absorvente pobre que introduz o absorvente pobre no trocador de calor para posterior resfriamento do absorvente pobre, e aquecimento do absorvente rico, resulta em uma eficiência do processo aperfeiçoada e em uma perda térmica para as instalações de regeneração menor, de acordo com o estado da técnica.

[0021] De acordo com uma primeira modalidade desse terceiro aspecto, os meios de vaporização instantânea compreendem uma válvula tipo *flash* e um vaso tipo *flash*.

[0022] De acordo com outra modalidade, o regenerador compreende adicionalmente um dessuperaquecedor, disposto entre o compressor e a coluna de regeneração, em cujo dessuperaquecedor o vapor comprimido é resfriado e saturado com vapor mediante introdução de água.

[0023] De acordo com uma modalidade, é proporcionada uma linha a partir do separador para conduzir água do separador ao dessuperaquecedor.

[0024] De acordo com um quarto aspecto, a presente invenção se refere a uma instalação para captura de CO_2, a partir de um gás contendo CO_2, compreendendo meios para introduzir um absorvente líquido pobre e o gás contendo CO_2 dentro de um absorvedor, em que o absorvente e o gás contendo CO_2 são obrigados a circular em contracorrente para produzir um fluxo de gás exaurido de CO_2 e um absorvente rico, meios para liberar o fluxo de gás exaurido de CO_2 para o ambiente, meios para retirar o absorvente rico e para introduzir o absorvente rico em um regenerador, o regenerador compreendendo uma coluna de regeneração, uma linha de absorvente rico para introdução de absorvente rico na coluna de regeneração, meios de retirada para retirar o absorvente pobre da base da coluna de regeneração, um refervedor para aquecimento de uma porção do absorvente retirado antes da reintrodução na coluna de regeneração para produção de vapor que é reintroduzido na coluna, uma linha de absorvente pobre para reciclagem de uma porção do absorvente retirado pelos meios de retirada para um absorvedor, um trocador de calor para aquecer o absorvente rico contra o absorvente pobre retirado e um trocador de calor para adicionalmente aquecer

o absorvente rico aquecido contra uma fonte de calor de temperatura baixa, antes de o gás rico entrar no regenerador, uma linha de retirada de gás para retirada de CO_2 e vapor do topo da coluna de regeneração, e meios de separação para separar o gás retirado do topo da coluna de regeneração em uma corrente de CO_2 que é exportada do regenerador, e água que é reciclada para a coluna de regeneração, compreendendo ainda meios de vaporização instantânea, uma linha de retirada de vapor conectando os meios de vaporização instantânea com um compressor para compressão de uma fase gasosa extraída, uma linha para injeção da fase gasosa comprimida na coluna de regeneração, e uma linha de absorvente pobre (4) conectando os meios de vaporização instantânea com o trocador de calor. De acordo com esse aspecto, a instalação descrita acima para regeneração de um absorvente é implementada em uma instalação de captura de CO_2, incluindo as vantagens aqui mencionadas para a referida instalação de captura de CO_2.

[0025] A expressão "fonte de calor de temperatura baixa" ou "meio de calor de temperatura baixa" conforme usada na presente invenção significa uma fonte de calor ou um meio térmico, tal como a água, vapor ou outro meio térmico, tendo uma temperatura de saída de um trocador de calor abaixo de aproximadamente 115°C, tal como, por exemplo, abaixo de 110°C. A temperatura de saída de um trocador de calor para uma fonte de calor de temperatura baixa pode ser abaixo de 105°C, abaixo de 100°C ou abaixo de 95°C. A temperatura de entrada em um trocador de calor para um meio térmico de temperatura baixa pode ser abaixo de 130°C, tal como, abaixo de 125°C.

[0026] A expressão "calor de temperatura média" ou "meio térmico de temperatura média", conforme usada na presente descrição significa uma fonte de calor ou meio

térmico, tal como, a água, vapor ou outro meio térmico, tendo uma temperatura de saída de um trocador de calor acima de 120°C, tal como, acima de 125°C ou acima de 130°C. Uma fonte de calor ou meio térmico de temperatura média normalmente apresenta uma temperatura de entrada para um trocador de calor acima de 125°C, mais preferivelmente, acima de 130°C.

[0027] Um meio térmico de temperatura média pode ser vapor sob uma temperatura acima de 125°C ou acima de 130°C, o qual é condensado em um trocador de calor para produzir água condensada a uma temperatura que é cerca de 1 a 10°C mais baixa que a temperatura de entrada do vapor. Essa água condensada pode depois ser usada como um meio térmico de temperatura baixa para processos que exigem menos temperatura.

[0028] O termo "gás contendo CO_2" conforme usado na presente descrição e reivindicações é qualquer tipo de gás de combustão ou outro fluxo de gás industrial, incluindo um nível de CO_2 que é substancialmente mais alto que o nível na atmosfera. Tipicamente, o gás contendo CO_2 é um gás de combustão proveniente de uma usina de energia ativada por combustível fóssil.

[0029] O termo "gás exaurido de CO_2" ou "corrente exaurida de CO_2" é usado para um gás ou uma corrente de gás a partir da qual uma parte substancial do CO_2 foi removida. Tipicamente, mais de 80%, mais preferivelmente, mais que 85% e, o mais preferível, mais que 90% do CO_2 introduzido no gás contendo CO_2 é removido antes de o gás ser liberado como um gás exaurido de CO_2.

Breve Descrição das Figuras

A Figura 1 é um diagrama esquemático de uma instalação de captura de CO_2, de acordo com o estado da técnica, e

A Figura 2 é um diagrama esquemático de uma modalidade da presente parte de regeneração de amina aperfeiçoada de uma instalação de captura de CO_2.

Descrição Detalhada da Presente Invenção

[0030] A figura 1 ilustra uma instalação de captura de CO_2 de acordo com o estado da técnica, em que o gás de exaustão da combustão de combustível carbonáceo entra na instalação de captura de CO_2 através de uma linha de exaustão (1). O gás de exaustão na linha (1) é substancialmente resfriado mediante utilização de energia térmica de temperatura alta proveniente da combustão para produção de energia elétrica. A temperatura do gás de exaustão que entra na instalação de captura de CO_2 através da referida linha, normalmente, é de cerca de 120°C a cerca de 90°C. O gás de exaustão proveniente da linha (1) é opcionalmente introduzido em uma seção de resfriamento, na qual ele é saturado com água e resfriado a uma temperatura, por exemplo, de cerca de 35°C a cerca de 60°C.

[0031] O gás de exaustão resfriado e umidificado é então introduzido na parte inferior de uma torre de absorção (3), na qual o gás de exaustão circula da base para o topo da torre de absorção (3) em contracorrente a um absorvente pobre, isto é, o absorvente que é extraído para o CO_2, o qual é introduzido na parte superior da torre de absorção através de uma linha de absorvente pobre (4). O gás pobre, isto é, o gás de exaustão em que uma parte substancial de CO_2 é removida, é removido através de uma linha de saída de gás (6) no topo da torre de absorção, enquanto o absorvente rico, isto é, o absorvente tendo absorvido CO_2, é removido da torre de absorção através de uma linha de absorvente rico (5).

[0032] O absorvente rico é aquecido contra o absorvente pobre que é retornado para a torre de absorção

em um trocador de calor (7) em uma temperatura tipicamente na faixa entre 90 e 110°C, antes de o absorvente rico ser introduzido em uma coluna de regeneração (8). Na coluna de regeneração (8), o absorvente rico circula descendentemente e em contracorrente ao vapor gerado pelo aquecimento de alguma porção de absorvente em um refervedor (11). O absorvente pobre deixa a coluna de regeneração através de uma saída de absorvente pobre (10). Uma parte do absorvente pobre na saída (10) é introduzida no refervedor (11), onde é aquecido a uma temperatura tipicamente na faixa de 120-130°C, de modo a produzir absorvente quente e vapor que são reintroduzidos na coluna do regenerador através de uma linha (12). O absorvente pobre no refervedor (11) é, tipicamente, aquecido por meio de eletricidade ou por um meio de aquecimento, tal como, por exemplo, vapor. Ao utilizar um meio de aquecimento para aquecer o absorvente no refervedor, o mesmo é introduzido através de uma linha (13) e removido através de uma linha (13’). O vapor como meio de aquecimento para o refervedor é normalmente introduzido como um vapor de alta pressão a uma temperatura de cerca de 130-140°C, e sai através da linha (13’) na forma de vapor condensado, sob a mesma temperatura. Em outras palavras, a energia transferida do meio térmico para o absorvente no refervedor é o calor de condensação do vapor. O aquecimento da coluna a partir da base proporciona um gradiente de temperatura em estado uniforme, a partir da base para o topo da coluna, onde a temperatura no topo é de 10-50°C mais baixa do que na base, dependendo do projeto da coluna em questão. Em uma coluna de regeneração típica, a temperatura na base da coluna é de cerca de 120°C e a temperatura no topo da coluna é cerca de 10-50°C mais baixa do que na base da coluna.

[0033] O absorvente pobre na linha (10) que não é introduzido na caldeira de regeneração é reciclado de volta para a coluna de absorção (3) através da linha (4) e resfriado no trocador de calor (7) contra o absorvente rico na linha (5). No trocador de calor (7), o absorvente rico relativamente frio é aquecido contra o absorvente pobre relativamente quente que sai do dispositivo de extração a uma temperatura de cerca de 120°C. Dependendo do dimensionamento e construção da instalação em questão, a temperatura da amina rica que sai do trocador de calor (7) para o dispositivo de extração de amina pode ser de cerca de 90 a cerca de 110°C.

[0034] O CO_2 liberado do absorvente e o vapor d'água são retirados da coluna de regeneração (8) através de uma linha de retirada de gás (9). O gás na linha de retirada de gás (9) é resfriado em um condensador de refluxo (14), para condensar a água que é separada do gás restante, compreendendo principalmente CO_2 em um separador de CO_2 (15). O gás CO_2 e algum vapor d'água restante são removidos do separador de CO_2 (15) através de uma linha de CO_2 (16) para tratamento posterior, tal como secagem, compressão e deposição. A água condensada no separador de CO_2 é retirada através de uma linha (17) e bombeada de volta para o topo da coluna de regeneração (8) por meio de uma bomba (18).

[0035] A figura 2 ilustra uma modalidade de uma instalação de regeneração de acordo com a presente invenção, para regeneração de um absorvente, em que uma parte do absorvente pobre que sai do refervedor (11) é vaporizada instantaneamente sobre uma válvula de vaporização instantânea (31) e um vaso de vaporização instantânea (32), para proporcionar vapor que é retirado do vaso de vaporização instantânea em uma linha de vapor (33),

e absorvente pobre que é retornado para o absorvedor (3) através da linha (4). O gás gerado no vaso de vaporização instantânea (32) compreende, principalmente, vapor e dióxido de carbono para a remoção de mais dióxido de carbono do absorvente, antes do mesmo ser retornado para o absorvedor.

[0036] O vapor e o CO_2 que é retirado através da linha (33) são depois comprimidos em um compressor (34), proporcionando um vapor insaturado, comprimido e quente na linha (35). O vapor na linha (35) é depois resfriado e saturado com água em um dessuperaquecedor (36), no qual a água é introduzida através de uma linha (38) e misturada com o vapor proveniente da linha (35). O vapor saturado resultante de água proveniente do dessuperaquecedor (36) é depois retornado e injetado no dispositivo extrator (8) através de uma linha (37). A água introduzida no dessuperaquecedor pode, convenientemente, ser uma parte da água que é condensada no separador (15). Na modalidade ilustrada, a água na linha (38) é retirada da linha (17), de modo conveniente, após a bomba (18).

[0037] A vaporização instantânea do absorvente pobre através da válvula de vaporização instantânea (31) e a remoção de vapor no separador (32) reduzem a temperatura do absorvente pobre. O meio rico que sai do trocador de calor (7) pode, portanto, ter uma temperatura que é inferior à temperatura desejada para introdução na coluna de regeneração (8). Um trocador de calor opcional (20), aquecido por um meio térmico de temperatura baixa na linha (21), pode, portanto, ser provido para aquecer o absorvente rico na temperatura desejada. O meio térmico de temperatura baixa que entra no trocador de calor (20) através da linha (21) pode, por exemplo, ser o meio térmico que sai do refervedor (11) na linha (13’). O meio térmico introduzido

no refervedor na linha (13) é preferivelmente vapor, enquanto que o meio térmico que sai do refervedor na linha (13') é água condensada. A compressão do vapor na linha (33) aumenta a temperatura e pressão do vapor, para produzir vapor insaturado quente. O absorvente pode ser decomposto através de uma temperatura superior a cerca de 130°C. A água adicionada no dessuperaquecedor (36) garante que o vapor que é introduzido na coluna de regeneração na linha (37) é um vapor saturado tendo uma temperatura de 120-130°C.

[0038] O termo "vapor" conforme usado na presente descrição e também nas reivindicações anexas, quando apropriado, é também idealizado para inclusão de vapor que inclui outros gases, como, por exemplo, CO_2. Ao comprimir o vapor na linha (33) e, dessa forma, adicionar calor, o vapor de baixa temperatura e vapor de baixa pressão na linha (33) é convertido em vapor de média temperatura, o qual é de utilidade na instalação. Além disso, o calor de temperatura baixa proveniente do refervedor pode encontrar uso no trocador de calor (20). Em uma instalação de acordo com o estado da técnica, o meio térmico de temperatura baixa, tal como o condensado de vapor que sai do refervedor, é resfriado contra a água em um trocador de calor e retornado para uma caldeira para geração do vapor de temperatura média, o qual é retornado para o refervedor. A instalação ilustrada na figura 2, dessa forma, reduz a perda de calor ou energia que possa ocorrer, tornando a instalação mais eficiente.

[0039] Um exemplo de instalação de acordo com a figura 2 para captura de CO_2 do gás de exaustão proveniente de uma estação de energia de 400 MW ativada por gás, com remoção de CO_2 mediante uso de MEA foi simulada e os dados básicos estimados.

[0040] De acordo com o modelo simulado, o sistema de remoção de CO_2 remove 85% do CO_2 presente no gás de exaustão. O sistema padrão demonstrado na figura 1 irá necessitar de refervedor regenerador de amina com um ciclo de trabalho de 152 MW. O calor é suprido na forma de vapor saturado, sob pressão de 4 bars e temperatura de 144°C. O vapor condensado sai do refervedor à temperatura de 144°C. Em uma instalação de acordo com o estado da técnica, o condensado é resfriado e bombeado de volta para a estação de energia para geração de vapor. O regenerador de amina opera sob pressão de 1,9 bars.

[0041] De acordo com o modelo de simulação da presente invenção, o absorvente pobre é vaporizado instantaneamente através da válvula (31), diminuindo para uma pressão de 1,05 bars. O vapor depois gerado é separado do líquido e comprimido para uma pressão de 1,95 bars. Em seguida, água é injetada no vapor para remover o excesso de calor. O vapor é depois introduzido na coluna de extração, pela sua base. O ciclo de trabalho do refervedor é reduzido para 110 MW, uma redução de 42 MW. O compressor de vapor apresenta um consumo de energia de 3,3 MW.

[0042] O absorvente pobre sai do vaso de vaporização instantânea sob temperatura de 102°C. Portanto, a amina rica não pode ser aquecida acima de 100°C no trocador de amina/amina. Assim, é possível usar o vapor condensado proveniente do refervedor para aquecer a amina rica. Isso reduzirá ainda mais o ciclo de atividade do refervedor.

[0043] Consequentemente, o uso de um procedimento de vaporização instantânea de amina pobre para gerar vapor, de acordo com a presente invenção, torna possível reduzir a exigência de vapor para o regenerador de 152 MW para 110 MW, dessa forma, reduzindo a exigência de

vapor do regenerador de 28%. Muito embora essa economia se faça à custa de um consumo de energia elétrica para compressão de 3,3 MW, o total da economia é significativo.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para regeneração de um absorvente rico tendo absorvido CO_2, para proporcionar um absorvente regenerado ou pobre, e CO_2, o método sendo **caracterizado** pelo fato de compreender as etapas de:

a) introduzir uma corrente de absorvente rico em uma coluna de regeneração (8), na qual o absorvente flui para baixo e em contracorrente com o vapor gerado ao aquecer o absorvente pobre em um refervedor (11) na base da coluna de regeneração (8),

b) retirar o CO_2 liberado e o vapor do topo da coluna (8) e separar o CO_2 e vapor retirados para proporcionar uma corrente de CO_2 que é removida, e água condensada que é reciclada na coluna de regeneração,

c) retirar o absorvente pobre ou regenerado da base da coluna (8),

d) vaporizar o absorvente pobre retirado para produzir uma fase gasosa que é comprimida e reintroduzida na coluna de regeneração (8), e uma fase de absorvente pobre líquido,

e) aquecer o absorvente rico por uma primeira troca de calor contra o absorvente pobre vaporizado líquido;

f) aquecer o absorvente rico após ter trocado calor contra o absorvente pobre mediante troca de calor contra um meio de calor que apresenta uma temperatura de entrada inferior a 130°C, e

g) introduzir o absorvente rico aquecido na coluna de regeneração (8).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a fase gasosa comprimida é misturada com água para resfriar e saturar a fase gasosa

com vapor antes da fase gasosa comprimida ser introduzida na coluna de regeneração (8).

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que a fase gasosa comprimida é resfriada a uma temperatura de 120°C a 130°C antes da introdução na coluna de regeneração (8).

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de compreender capturar CO_2 de um gás contendo CO_2, em que um absorvente líquido pobre e o gás contendo CO_2 são introduzidos em um absorvedor (3), no qual o gás contendo CO_2 é forçado a fluir em contracorrente ao absorvente pobre para produzir um absorvente rico e uma corrente de gás exaurido de CO_2,

liberar o gás exaurido de CO_2 nos arredores, retirando o absorvente rico do absorvedor (3),

em que o absorvente rico é regenerado para proporcionar uma corrente de CO_2 e absorvente pobre.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que a fase gasosa comprimida é misturada com água para resfriar e saturar a fase gasosa com vapor antes da introdução na coluna de regeneração (8).

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** pelo fato de que a fase gasosa comprimida é resfriada a uma temperatura de 120°C a 130°C antes da introdução na coluna de regeneração (8).

7. Regenerador para um absorvente líquido para CO_2, para aplicação do método do tipo definido nas reivindicações 1 a 6, compreendendo uma coluna de regeneração (8), uma linha de absorvente rico (5) para introduzir o absorvente rico na coluna de regeneração (8), meios de retirada (10) para retirar o adsorvente pobre do fundo da coluna de regeneração (8), um refervedor (11) para aquecer uma porção do absorvente retirado antes da

reintrodução na coluna de regeneração para produzir vapor que é reintroduzido na coluna (8), uma linha de absorvente pobre (4) para reciclar uma porção do absorvente retirado pelos meios de retirada (10) para um absorvedor, um trocador de calor (7) para aquecer o absorvente rico contra o absorvente pobre retirado, e um trocador de calor (20) para adicionalmente aquecer o absorvente rico aquecido contra uma fonte de calor de baixa temperatura antes de o gás rico entrar no regenerador, uma linha de retirada de gás (9) para retirada de CO_2 e vapor do topo da coluna de regeneração, e meios de separação (14, 15, 19, 45) para separar o gás retirado do topo da coluna de regeneração em uma corrente de CO_2 que é exportada a partir do regenerador, e água que é reciclada para a coluna de regeneração (8), **caracterizado** pelo fato de compreender adicionalmente meios de vaporização instantânea (31, 32), uma linha de retirada de vapor (4) conectando os meios de vaporização instantânea com um compressor (34) para comprimir uma fase gasosa retirada, uma linha (37) para injetar a fase gasosa comprimida na coluna de regeneração (8), e uma linha de absorvente pobre (4) conectando os meios de vaporização com o trocador de calor (7), em que um dessuperaquecedor (36) é disposto entre o compressor (34) e a coluna de regeneração (8), dessuperaquecedor (34) no qual o vapor comprimido é resfriado e saturado com vapor através de introdução de água, e em que uma linha (38) é provida a partir dos meios de separação (14, 15, 16, 17, 18) para conduzir água dos meios de separação para o dessuperaquecedor (36).

8. Regenerador, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato de que os meios de vaporização instantânea (31, 32) compreendem uma válvula de vaporização (31) e um vaso de vaporização (32).

9. Regenerador, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato de compreender a captura de CO_2 de um gás contendo CO_2, utilizando meios para introduzir um absorvente pobre líquido e o gás contendo CO_2 em um absorvedor cujo absorvente e o gás contendo CO_2 são forçados a fluir em contracorrente para produzir um fluxo de gás exaurido de CO_2 e um absorvente rico, meios para liberar o fluxo de gás exaurido de CO_2 ao ambiente, e meios para retirar o absorvente rico e para introduzir o absorvente rico em um regenerador.

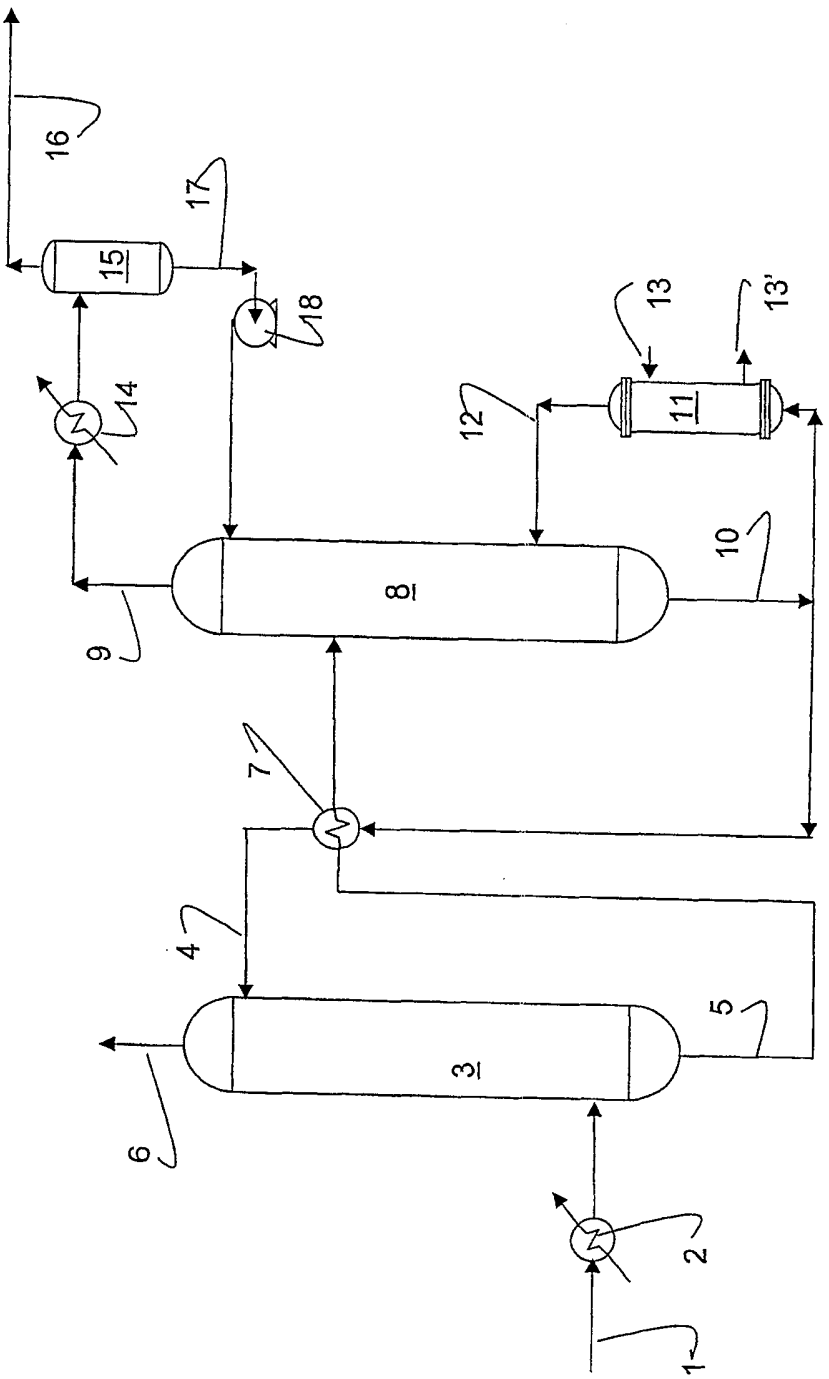


Fig. 1

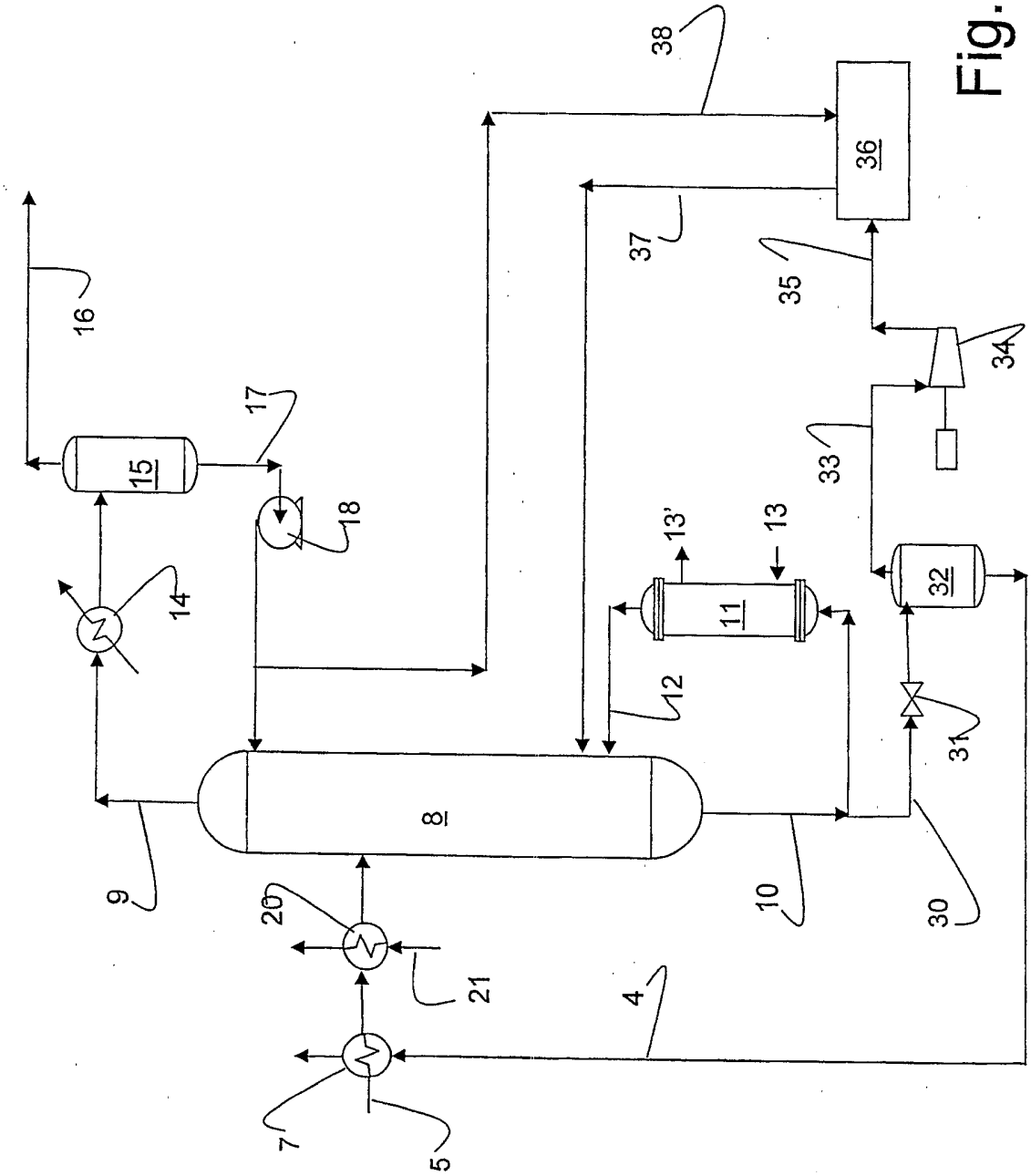


Fig. 2