



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

(21) PI 0718958-3 A2



(22) Data de Depósito: 21/11/2007
(43) Data da Publicação: 17/12/2013
(RPI 2241)

(51) Int.Cl.:
B01D 53/14
B01D 53/18
C01B 31/20

(54) Título: REGENERAÇÃO APERFEIÇOADA DE
ABSORVENTE

(57) Resumo:

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

(73) Titular(es): Aker Clean Carbon AS

(72) Inventor(es): Pal Rushfeldt, Simon Woodhouse

(74) Procurador(es): Magnus Aspeby e Claudio Szabas

(86) Pedido Internacional: PCT NO2007000411 de
21/11/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/063079de
29/05/2008

"REGENERAÇÃO APERFEIÇOADA DE ABSORVENTE"

Campo Técnico da Invenção

A presente invenção está dirigida para o campo de
5 captura de CO₂ de uma mistura gasosa. Mais especificamente,
a presente invenção se refere à captura de CO₂ de um gás
contendo CO₂, tal como, um gás de combustão, proveniente da
combustão de material carbonáceo ou de outros processos de
liberação de CO₂. Mais especificamente, a presente invenção
10 se refere a um método e instalação aperfeiçoados para
regeneração de um absorvente de CO₂, em um método e
instalação para captura de CO₂.

Antecedentes da Invenção

15 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 CO₂ na atmosfera. A crescente concentração de CO₂ tem
provocado preocupação devido ao efeito estufa causado pelo
20 CO₂. 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.

25 Este fato tem chamado a atenção dos cientistas,
ambientalistas e políticos de todo o mundo, para
estabilizar ou mesmo reduzir a descarga de CO₂ da combustão
de combustíveis fósseis para a atmosfera. Isso pode ser
alcançado mediante captura e segura deposição do CO₂
30 proveniente de gases de exaustão de usinas de energia
térmica e outras instalações, onde o combustível fóssil é
queimado.

O CO₂ capturado pode ser injetado em formações
subterrâneas, tais como, formações aquíferas, poços de

petróleo para intensificar a recuperação de petróleo ou em poços exauridos de petróleo e gás para deposição. Os testes indicam que o CO₂ permanece na formação subterrânea por milhares de anos e não é liberado para a atmosfera.

5 A captura de CO₂ de um gás por meio de absorção é um procedimento bem conhecido e tem sido utilizado há décadas, por exemplo, para remoção de CO₂ (e outros gases ácidos) de gás natural produzido em campos de produção de gás. Os absorventes usados ou sugeridos pelo estado da
10 técnica têm sido diferentes soluções aquosas alcalinas, como, por exemplo, carbonato de potássio, ver a Patente U.S. No. 5.528.811, e diferentes aminas, ver, por exemplo, as Patentes U.S. Nos. 4.112.051, 4.397.660 e 5.061.465. A separação de CO₂ dos gases de exaustão de usinas de energia
15 térmica por meio de uma solução de amina é conhecida, por exemplo, da Patente U.S. No. 4.942.734.

Um fato comum para essas soluções de captura de CO₂ é que a mistura gasosa a ser separada é introduzida em contracorrente ao absorvente aquoso na coluna de absorção.
20 O gás que deixa a coluna de absorção é CO₂ exaurido (ou gás ácido exaurido), enquanto o CO₂ (ou outro gás ácido) deixa a coluna de absorção junto com o absorvente. O absorvente é regenerado na coluna de regeneração e retornado para a coluna de absorção. A amina é regenerada pela extração da
25 solução de amina com vapor na coluna de regeneração. O vapor é gerado na caldeira de reaquecimento, na base da coluna.

Conforme ilustrado acima, o CO₂ como tal é bem conhecido na técnica. Entretanto, existe uma necessidade de
30 diversos aperfeiçoamentos no processo de captura de CO₂ para tornar as usinas de energia térmica, isentas de CO₂ ou com baixa emissão de CO₂, economicamente rentáveis.

As instalações para captura de CO₂ são relativamente grandes, complexas e de construção onerosa.

Portanto, é desejado se reduzir o tamanho, complexidade e custo das instalações.

A captura do CO₂ 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 média temperatura de uma usina de energia termelétrica é reduzida. A eficiência reduzida comparada com 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 CO₂.

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 CO₂ para os absorventes de amina é uma reação exotérmica reversível. Conseqüentemente, o calor tem de ser suprido para a coluna de regeneração para reverter a absorção e liberar o CO₂.

O calor suprido à coluna de regeneração, de acordo com o estado da técnica, é suprido na caldeira de reaquecimento, onde o absorvente é aquecido a uma temperatura, tipicamente, de cerca de 120 a 130°C. O absorvente na caldeira de reaquecimento pode ser aquecido por uma fonte elétrica de calor, porém, mais comumente, mediante um meio térmico, como, por exemplo, um vapor de média temperatura. A caldeira de reaquecimento é a principal consumidora da energia térmica de média temperatura no ciclo de absorção/dessorção para a captura do CO₂. Uma redução na demanda de energia térmica de média temperatura iria melhorar a economia do processo de captura de CO₂.

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 dispositivo regenerador mediante vaporização instantânea, sendo dividido em uma corrente de líquido, a qual é introduzida dentro do dispositivo de absorção e numa fase gasosa, a qual é introduzida dentro do dispositivo regenerador. A pressão da fase gasosa é aumentada mediante um ejetor, conforme descrito no documento de patente GB No. 2.195.916, ou mediante um compressor, conforme descrito na Patente U.S. No. 4.160.810.

O documento de patente EP 1.736.231 se refere a um dispositivo e método para recuperação de CO₂ a partir de uma mistura gasosa tendo uma configuração básica de acordo com os princípios descritos acima. Dois trocadores de calor são providos para aquecimento do elemento absorvedor rico antes da introdução no dispositivo regenerador, um primeiro trocador de calor aquecendo o elemento absorvedor rico contra o absorvente pobre proveniente do dispositivo regenerador, e um segundo trocador de calor aquecendo o absorvente rico ainda contra o condensado proveniente da caldeira de reaquecimento. O uso do condensado da caldeira de reaquecimento para aquecer o absorvente rico reduz a perda de calor proveniente do aquecimento da caldeira de reaquecimento, na medida em que é utilizada a maior parte do calor no vapor para a caldeira de reaquecimento.

A perda de calor no ciclo de absorção e regeneração do processo de captura de CO₂, entretanto, é ainda demasiadamente alta e instalações e métodos aperfeiçoados estão ainda sendo procurados.

Um objetivo da presente invenção, portanto, é a obtenção de uma redução no ciclo de trabalho da caldeira de reaquecimento e, dessa forma, uma redução na demanda da

energia de média temperatura, tal como, o vapor de média temperatura.

Breve Descrição da Invenção

5 De acordo com um primeiro aspecto, a presente invenção proporciona um método para regeneração de um absorvente rico, dito absorvente tendo absorvido CO₂, para fornecer um absorvente regenerado ou pobre e CO₂, em cujo método uma corrente do absorvente rico é introduzida dentro
10 de uma coluna de regeneração, na qual o absorvente circula descendentemente e em contracorrente com o vapor gerado pelo aquecimento do absorvente pobre em uma caldeira de reaquecimento na base da coluna de regeneração, onde o CO₂ liberado e o vapor são retirados do topo da coluna e
15 separados para proporcionar uma corrente de CO₂ que é removida e em que é reciclada água condensada dentro da coluna de regeneração, onde o absorvente pobre ou regenerado é retirado pela base da coluna e onde o absorvente rico é aquecido mediante calor proveniente de
20 uma primeira troca térmica contra o absorvente pobre e, posteriormente, aquecido adicionalmente pela troca térmica contra uma fonte de calor de baixa temperatura, antes de entrar na coluna de regeneração, em que o absorvente pobre que deixa a coluna de regeneração é vaporizado
25 instantaneamente para produzir uma fase gasosa, que é comprimida e reintroduzida dentro da 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 dispositivo regenerador,
30 compressão da fase gasosa, introdução da fase gasosa comprimida dentro do dispositivo regenerador como vapor para extração do absorvente e posterior resfriamento da fase líquida após a vaporização instantânea contra o absorvente rico antes da introdução dentro do dispositivo

regenerador, reduz a perda de calor no dispositivo regenerador mediante reciclagem de mais energia térmica de volta para o dispositivo regenerador. Além disso, a fase líquida após a vaporização instantânea ou o absorvente 5 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 baixa temperatura. O efeito combinado desse modelo de processo é que o perfil de 10 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 global é uma aperfeiçoada eficiência do processo de captura e um aperfeiçoado balanço de energia do sistema.

15 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 20 alta que a exigida para introdução dentro da 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.

De acordo com uma modalidade, a água é separada 25 do CO₂ retirado. Ao utilizar a água que é separada do CO₂ separado para introdução na fase gasosa comprimida, o balanço de água do sistema global é mantido, na medida em que nenhuma quantidade de água é adicionada ou removida pelo processo.

30 De acordo com um segundo aspecto, a presente invenção se refere a um método de captura de CO₂ a partir de um gás que contém CO₂, dito método compreendendo a introdução de um absorvente líquido pobre e do gás contendo CO₂ dentro de um dispositivo absorvedor, no qual o gás

contendo CO₂ é obrigado a circular em contracorrente com o absorvente pobre para produzir um absorvente rico e uma corrente de gás exaurida de CO₂, liberando o gás exaurido de CO₂ para o ambiente, retirando o absorvente rico do dispositivo absorvedor, em que o absorvente rico é introduzido dentro de uma coluna de regeneração, na qual o absorvente circula descendentemente e em contracorrente com o vapor gerado por aquecimento do absorvente pobre numa caldeira de reaquecimento na base da coluna de regeneração, onde o CO₂ liberado e o vapor são retirados do topo da coluna e separados para proporcionar uma corrente de CO₂ que é removida e em que é reciclada água condensada dentro da coluna de regeneração, onde o absorvente pobre ou regenerado é retirado pela base da coluna e onde o absorvente rico é aquecido mediante calor proveniente de uma primeira troca térmica contra o absorvente pobre e, posteriormente, aquecido adicionalmente pela troca térmica contra uma fonte de calor de baixa temperatura, 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 dentro da 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 CO₂, incluindo as vantagens aqui mencionadas para o método de captura de CO₂.

De acordo com um terceiro aspecto, a presente invenção proporciona um dispositivo regenerador para um absorvente líquido de CO₂, compreendendo uma coluna de regeneração, uma linha de absorvente rico para introdução do absorvente rico dentro da coluna de regeneração, meios de retirada para retirar o adsorvente pobre da base da

coluna de regeneração, uma caldeira de reaquecimento para aquecimento de uma porção do absorvente retirado antes da reintrodução dentro da coluna de regeneração para produção de vapor que é reintroduzido dentro da coluna, uma linha de absorvente pobre para reciclagem de uma porção do absorvente retirado pelos meios de retirada para um dispositivo 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 baixa temperatura, antes de o gás rico entrar no dispositivo regenerador, uma linha de retirada de gás para retirada de CO₂ 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 CO₂ que é exportada do dispositivo regenerador, e água que é reciclada para a coluna de regeneração, o dispositivo regenerador compreendendo ainda meios de vaporização instantânea, uma linha de retirada de vapor conectando os ditos meios de vaporização instantânea com um compressor para compressão de uma fase gasosa retirada, uma linha para injeção da fase gasosa comprimida dentro da 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 dentro do dispositivo regenerador e a linha de absorção pobre para a fase líquida ou linha de absorvente pobre que introduz o absorvente pobre dentro do trocador de calor para posterior resfriamento do absorvente pobre, e aquecimento do absorvente rico, resulta numa aperfeiçoada eficiência do processo e numa menor perda térmica para as

instalações de regeneração, de acordo com o estado da técnica.

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

De acordo com outra modalidade, o dispositivo regenerador compreende adicionalmente um super-resfriador, disposto entre o compressor e a coluna de regeneração, em cujo super-resfriador o vapor comprimido é resfriado e saturado com vapor mediante introdução de água.

De acordo com uma modalidade, é proporcionada uma linha a partir do dispositivo de separação, para levar a água do dispositivo de separação para o super dispositivo desaquecedor.

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 dispositivo 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 dentro de um dispositivo regenerador, o dispositivo regenerador compreendendo uma coluna de regeneração, uma linha de absorvente rico para introdução de absorvente rico dentro da coluna de regeneração, meios de retirada para retirar o absorvente pobre da base da coluna de regeneração, uma caldeira de reaquecimento 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 dispositivo absorvedor, um trocador de calor para aquecer o absorvente rico contra o absorvente pobre retirado e um trocador de calor para adicionalmente aquecer
5 o absorvente rico aquecido contra uma fonte de calor de baixa temperatura, antes de o gás rico entrar no dispositivo regenerador, uma linha de retirada de gás para retirada de CO₂ e vapor do topo da coluna de regeneração, e meios de separação para separar o gás retirado do topo da
10 coluna de regeneração em uma corrente de CO₂ que é exportada do dispositivo 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 ditos meios de vaporização instantânea
15 com um compressor para compressão de uma fase gasosa retirada, uma linha para injeção da fase gasosa comprimida dentro da 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
20 instalação descrita acima para regeneração de um absorvente é implementada em uma instalação de captura de CO₂, incluindo as vantagens aqui mencionadas para a referida instalação de captura de CO₂.

A expressão "fonte de calor de baixa temperatura" ou "meio térmico de baixa temperatura" conforme usada na
25 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,
30 abaixo de 110°C. A temperatura de saída de um trocador de calor para uma fonte de calor de baixa temperatura pode ser abaixo de 105°C, abaixo de 100°C ou abaixo de 95°C. A temperatura de entrada dentro de um trocador de calor para

um meio térmico de baixa temperatura pode ser abaixo de 130°C, tal como, abaixo de 125°C.

A expressão "calor de média temperatura" ou "meio térmico de média temperatura", conforme usada na presente
5 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 média temperatura,
10 normalmente, apresenta uma temperatura de entrada para um trocador de calor acima de 125°C, mais preferivelmente, acima de 130°C.

Um meio térmico de média temperatura pode ser vapor sob uma temperatura acima de 125°C ou acima de 130°C,
15 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 baixa temperatura para processos que exigem menos
20 temperatura.

O termo "gás contendo CO₂" conforme usado na presente descrição e reivindicações é qualquer tipo de gás de combustão ou outro fluxo de gás industrial, incluindo um nível de CO₂ que é substancialmente mais alto que o nível
25 na atmosfera. Tipicamente, o gás contendo CO₂ é um gás de combustão proveniente de uma usina de energia ativada por combustível fóssil.

O termo "gás exaurido de CO₂" ou corrente exaurida de CO₂" é usado para um gás ou corrente de gás, a
30 partir do qual uma substancial parte do CO₂ foi removida. Tipicamente, mais de 80%, mais preferido, mais que 85% e, mais preferivelmente, mais que 90% do CO₂ introduzido no gás contendo CO₂ é removido antes de o gás ser liberado como um gás exaurido de CO₂.

Breve Descrição das Figuras

- A Figura 1 é um diagrama esquemático de uma instalação de captura de CO₂, de acordo com o estado da técnica; e
- 5 - a Figura 2 é um diagrama esquemático de uma modalidade da presente parte aperfeiçoada de regeneração de amina de uma instalação de captura de CO₂.

Descrição Detalhada da Presente Invenção

10 A figura 1 ilustra uma instalação de captura de CO₂ de acordo com o estado da técnica, em que o gás de exaustão da combustão de combustível carbonáceo entra na instalação de captura de CO₂ através de uma linha de exaustão (1). O gás de exaustão na linha (1) é

15 substancialmente resfriado mediante utilização de energia térmica de alta temperatura, proveniente da combustão para produção de energia elétrica. A temperatura do gás de exaustão que entra na instalação de captura de CO₂ através da referida linha, normalmente, é de cerca de 120°C a cerca

20 de 90°C. O gás de exaustão proveniente da linha (1) é opcionalmente introduzido numa 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.

O gás de exaustão resfriado e umidificado é

25 depois 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 CO₂, o qual é introduzido dentro da parte superior

30 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 do CO₂ 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).

O absorvente rico é aquecido contra o absorvente pobre que é retornado para a torre de absorção em um trocador de calor (7), numa temperatura, tipicamente, na faixa entre 90 e 110°C, antes de o absorvente rico ser introduzido dentro de 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 uma caldeira de reaquecimento (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 dentro da caldeira de reaquecimento (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 dispositivo regenerador através de uma linha (12). O absorvente pobre na caldeira de reaquecimento (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 na caldeira de reaquecimento, o mesmo é introduzido através de uma linha (13) e removido através de uma linha (13'). O vapor como meio de aquecimento para a caldeira de reaquecimento 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 na caldeira de reaquecimento 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 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 que na base da coluna.

5 O absorvente pobre na linha (10) que não é introduzido dentro da 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
10 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)
15 para o dispositivo de extração de amina pode ser de cerca de 90 a cerca de 110°C.

O CO₂ 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
20 (9) é resfriado em um condensador de refluxo (14), para condensar a água que é separada do gás restante, compreendendo, principalmente, CO₂ em um separador de CO₂ (15). O gás CO₂ e algum vapor d'água restante são removidos do separador de CO₂ (15) através de uma linha de CO₂ (16)
25 para posterior tratamento, tal como, secagem, compressão e deposição. A água condensada no separador de CO₂ 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).

A figura 2 ilustra uma modalidade de uma
30 instalação de regeneração de acordo com a presente invenção, para regeneração de um absorvente, em que uma parte do absorvente pobre que sai da coluna (8) é vaporizada instantaneamente mediante uma válvula de vaporização instantânea (31) e um vaso de vaporização

instantânea (32), para proporcionar vapor que é retirado do vaso de vaporização instantânea numa linha de vapor (33), e absorvente pobre que é retornado para o dispositivo absorvedor (3) através da linha (4). O gás gerado no vaso
5 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 dispositivo absorvedor.

O vapor e o CO₂ que é retirado através da linha
10 (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 super dispositivo desaquecedor (36), no qual a água é introduzida através de uma linha
15 (38) e misturada com o vapor proveniente da linha (35). O resultante vapor saturado de água proveniente do super dispositivo desaquecedor (36) é depois retornado e injetado dentro do dispositivo extrator (8) através de uma linha (37). A água introduzida dentro do super dispositivo
20 desaquecedor pode, convenientemente, ser uma parte da água que é condensada no dispositivo separador (15). Na modalidade ilustrada, a água na linha (38) é retirada da linha (17), de modo conveniente, após a bomba (18).

A vaporização instantânea do absorvente pobre
25 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 dentro da coluna de
30 regeneração (8). Um opcional trocador de calor (20), aquecido por um meio térmico de baixa temperatura na linha (21), pode, portanto, ser provido para aquecer o absorvente rico na desejada temperatura. O meio térmico de baixa temperatura que entra no trocador de calor (20) através da

linha (21) pode, por exemplo, ser o meio térmico que sai da caldeira de reaquecimento (11) na linha (13'). O meio térmico introduzido dentro da caldeira de reaquecimento na linha (13) é preferivelmente vapor, enquanto que o meio

5 térmico que sai da caldeira de reaquecimento 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 mediante uma temperatura superior a cerca de 130°C. A água

10 adicionada no super dispositivo desaquecedor (36) garante que o vapor que é introduzido dentro da coluna de regeneração na linha (37) é um vapor saturado tendo uma temperatura de 120-130°C.

O termo "vapor" conforme usado na presente

15 descrição e também nas reivindicações anexas, quando apropriado, é também idealizado para inclusão de vapor que inclui outros gases, como, por exemplo, CO₂. Ao comprimir o vapor na linha (33) e, dessa forma, adicionar calor, o vapor de baixa temperatura e vapor de baixa pressão na

20 linha (33) é convertido em vapor de média temperatura, o qual é de utilidade na instalação. Além disso, o calor de baixa temperatura proveniente da caldeira de reaquecimento pode encontrar uso no trocador de calor (20). Numa instalação de acordo com o estado da técnica, o meio

25 térmico de baixa temperatura, tal como, o condensado de vapor que sai da caldeira de reaquecimento, é resfriado contra a água em um trocador de calor e retornado para uma caldeira para geração do vapor de média temperatura, o qual é retornado para a caldeira de reaquecimento. A instalação

30 ilustrada na figura 2, dessa forma, reduz a perda de calor ou energia que possa ocorrer, tornando a instalação mais eficiente.

Um exemplo de instalação de acordo com a figura 2, para captura de CO₂ do gás de exaustão proveniente de

uma estação de energia de 400 MW ativada por gás, com remoção de CO₂ mediante uso de MEA foi simulada e os dados básicos estimados.

De acordo com o modelo simulado, o sistema de remoção de CO₂ remove 85% do CO₂ presente no gás de exaustão. O sistema padrão demonstrado na figura 1 irá necessitar de uma caldeira de reaquecimento regeneradora de amina com um ciclo de trabalho de 152 MW. O calor é suprido na forma de vapor saturado, sob pressão de 4 bar e temperatura de 144°C. O vapor condensado sai da caldeira de reaquecimento à temperatura de 144°C. Numa 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 dispositivo regenerador de amina opera sob pressão de 1,9 bar.

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 bar. O vapor depois gerado é separado do líquido e comprimido para uma pressão de 1,95 bar. Em seguida, água é injetada dentro do vapor para remover o excesso de calor. O vapor é depois introduzido dentro da coluna de extração, pela sua base. O ciclo de trabalho da caldeira de reaquecimento é reduzido para 110 MW, uma redução de 42 MW. O compressor de vapor apresenta um consumo de energia de 3,3 MW.

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 se usar o vapor condensado proveniente da caldeira de reaquecimento para aquecer a amina rica. Isso irá reduzir ainda mais o ciclo de atividade da caldeira de reaquecimento.

Conseqüentemente, 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 dispositivo regenerador, de 152
5 MW para 110 MW, dessa forma, reduzindo a exigência de vapor do dispositivo 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 seguintes etapas:
- a) introdução de uma corrente de absorvente rico dentro de uma coluna de regeneração, na qual o absorvente circula descendentemente e em contracorrente com o vapor gerado pelo aquecimento do absorvente pobre em uma caldeira de reaquecimento, localizada na base da coluna de regeneração;
 - b) retirada do CO_2 liberado e do vapor do topo da coluna e separação do CO_2 e vapor retirados para proporcionar uma corrente de CO_2 que é removida e água condensada que é reciclada dentro da coluna de regeneração;
 - c) retirada do absorvente pobre ou regenerado da base da coluna;
 - d) vaporização instantânea do absorvente pobre retirado para produzir uma fase gasosa que é comprimida e reintroduzida dentro da coluna de regeneração e uma fase de absorvente pobre líquido;
 - e) aquecimento do absorvente rico por meio de uma primeira troca de calor com o absorvente pobre vaporizado instantaneamente;
 - f) aquecimento do absorvente rico após ter trocado calor com o absorvente pobre, mediante troca de calor contra um meio térmico que apresenta uma temperatura de entrada inferior a 130°C ; e

g) introdução do absorvente rico aquecido dentro da coluna de regeneração.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a fase gasosa comprimida é
5 misturada com água para resfriar e saturar a fase gasosa com vapor, antes de a fase gasosa comprimida ser introduzida na coluna de regeneração.

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

4. Método de captura de CO₂ a partir de um gás contendo CO₂, compreendendo:

- introdução de um absorvente líquido pobre e do gás
15 contendo CO₂ dentro de um dispositivo absorvedor, no qual o gás contendo CO₂ é obrigado a circular em contracorrente a um absorvente pobre, para produzir um absorvente rico e uma corrente de gás exaurido de CO₂;

- liberação do gás exaurido de CO₂ para o ambiente;

20 - retirada do absorvente rico do dispositivo absorvedor;

caracterizado pelo fato de que o absorvente rico é regenerado para proporcionar uma corrente de CO₂ e absorvente pobre, de acordo com o método descrito na reivindicação 1.

25 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 dentro da coluna de regeneração.

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

7. Dispositivo regenerador para um absorvente líquido para CO₂, compreendendo uma coluna de regeneração (8), uma linha de absorvente rico (5) para introdução do absorvente rico dentro da coluna de regeneração (8), meios de retirada (10) para retirar o adsorvente pobre da base da coluna de regeneração (8), uma caldeira de aquecimento (11) para aquecimento de uma porção do absorvente retirado antes da reintrodução dentro da coluna de regeneração para produção de vapor, o qual é reintroduzido dentro da coluna, uma linha de absorvente pobre (4) para reciclagem de uma porção do absorvente retirado pelos meios de retirada (10) para um dispositivo absorvedor, um trocador de calor (7) para aquecimento do 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 dispositivo regenerador, uma linha de retirada de gás (9) para retirada do CO₂ 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 CO₂ que é exportada do dispositivo regenerador, e água que é reciclada para a

coluna de regeneração (8), **caracterizado** pelo fato de compreender ainda meios de vaporização instantânea (31, 32), uma linha de retirada de vapor (4) conectando os ditos meios de vaporização instantânea com um compressor (34) para compressão de uma fase gasosa retirada, uma linha (37) para injeção da fase gasosa comprimida dentro da coluna de regeneração (8) e uma linha de absorvente pobre (4) conectando os meios de vaporização instantânea com o trocador de calor (7).

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

15 9. Dispositivo regenerador, de acordo com as reivindicações 7 ou 8, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda um super dispositivo desaquecedor (36), disposto entre o compressor (34) e a coluna de regeneração (8), em cujo super dispositivo desaquecedor (36) o vapor comprimido é resfriado e saturado com vapor mediante introdução de água.

25 10. Dispositivo regenerador, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que é provida uma linha (38), a partir dos meios de separação (14, 15, 16, 17, 18), para levar água dos meios de separação para o super dispositivo desaquecedor (36).

11. Instalação para captura de CO₂, a partir de um gás contendo CO₂, **caracterizada** pelo fato de compreender

meios para introduzir um absorvente pobre líquido e o gás contendo CO₂ dentro de um dispositivo absorvedor, no qual o absorvente e o gás contendo CO₂ são obrigados a circular em contracorrente para produzir um fluxo de gás exaurido de CO₂ e um absorvente rico, meios para liberação do fluxo de gás exaurido de CO₂ para o ambiente, meios para retirada do absorvente rico e para introdução do absorvente rico dentro de um dispositivo regenerador, de acordo com a reivindicação 7.

10 12. Instalação, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizada** pelo fato de que os meios de vaporização instantânea (31, 32) compreendem uma válvula de vaporização instantânea (31) e um vaso de vaporização instantânea (32).

15 13. Dispositivo regenerador, de acordo com as reivindicações 11 ou 12, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda um super dispositivo desaquecedor (36), disposto entre o compressor (34) e a coluna de regeneração (8), em cujo super dispositivo desaquecedor (36) o vapor comprimido é resfriado e saturado com vapor mediante
20 introdução de água.

25 14. Dispositivo regenerador, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** pelo fato de que é provida uma linha (38), a partir dos meios de separação (14, 15, 16, 17, 18), para levar água dos meios de separação para o super dispositivo desaquecedor (36).

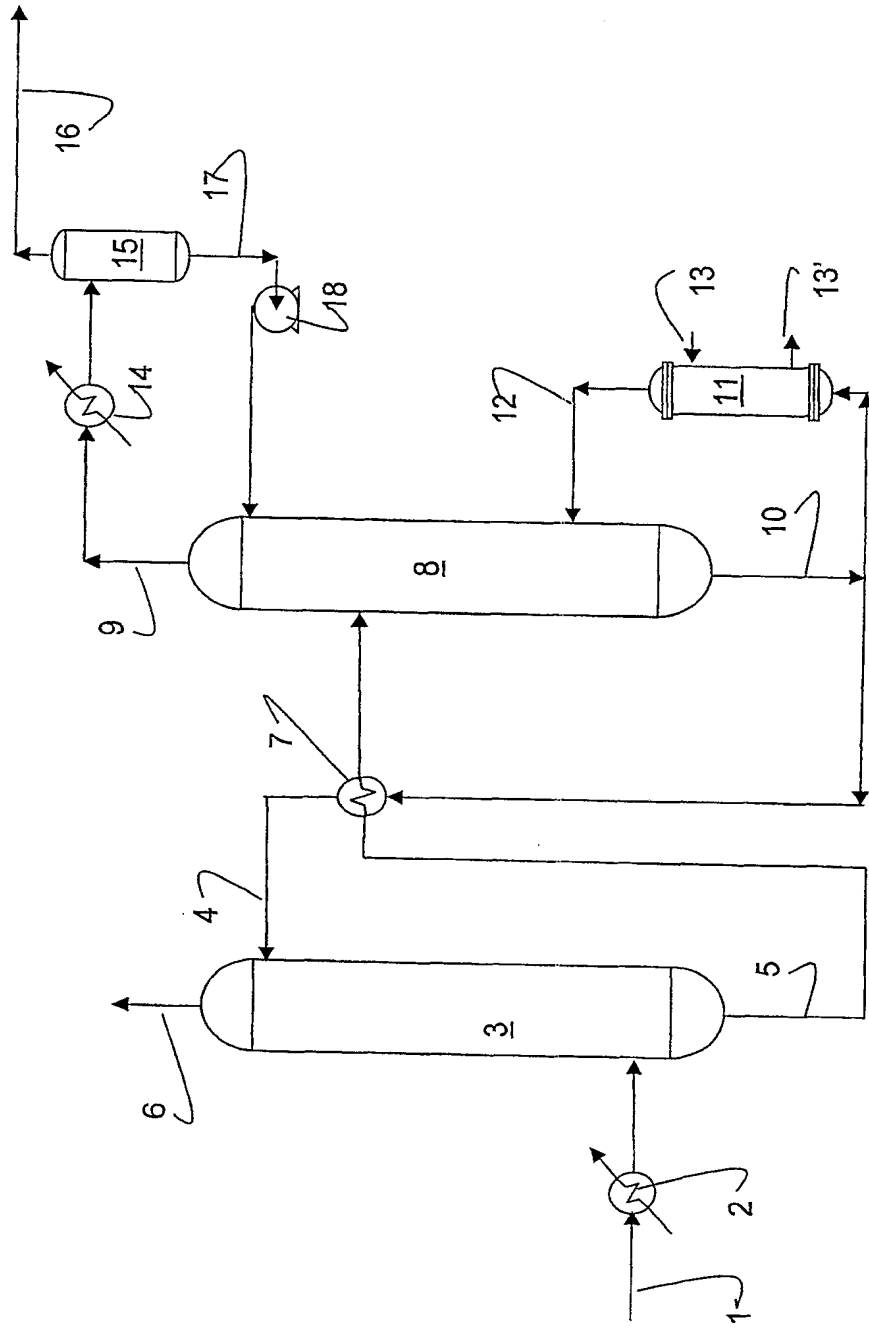


Fig. 1

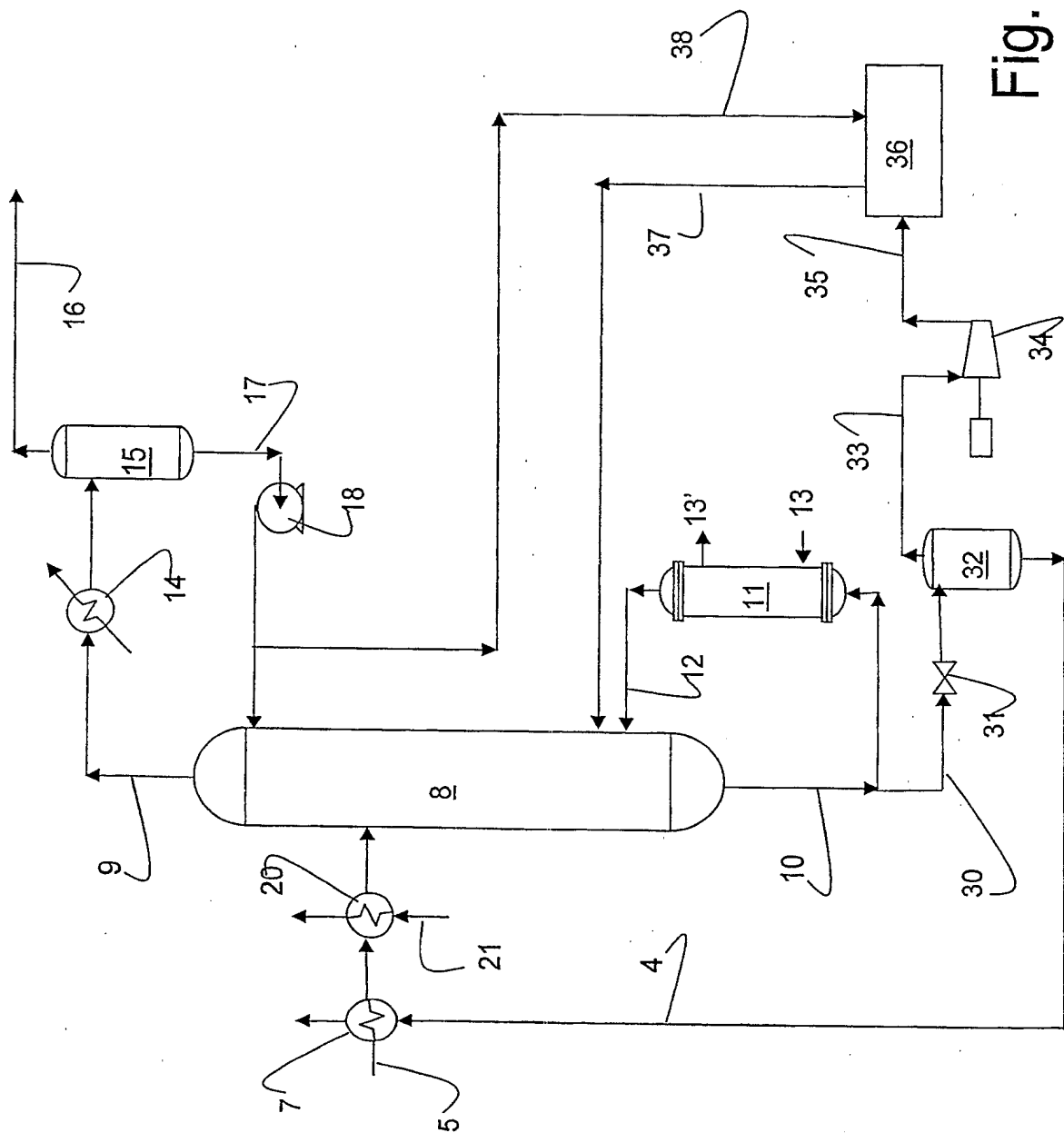


Fig. 2

RESUMO**"REGENERAÇÃO APERFEIÇOADA DE ABSORVENTE"**

5 A presente invenção se refere a um método para
regeneração de um absorvente rico, cujo absorvente absorveu
CO₂, para proporcionar um absorvente regenerado ou pobre,
em que o absorvente pobre que sai da coluna de regeneração
é vaporizado instantaneamente para produzir uma fase gasosa
10 que é comprimida e reintroduzida dentro da coluna de
regeneração e uma fase de absorvente líquido pobre que é
submetida à troca de calor contra o absorvente rico.