



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

(21) PI 0718959-1 A2



(22) Data de Depósito: 26/11/2007
(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 2006 5413

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

(72) Inventor(es): Simon Woodhouse

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

(86) Pedido Internacional: PCT NO2007000418 de
26/11/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/063082de
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. A estabilização
ou mesmo a redução da descarga de CO₂ na atmosfera
30 proveniente da combustão de combustíveis fósseis pode ser
conseguida mediante captura e segura deposição do CO₂
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
5 indicam que o CO₂ permanece na formação subterrânea por milhares de anos e não é liberado para a atmosfera.

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
10 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, ver a Patente U.S. No. 5.528.811, e diferentes aminas, ver, por exemplo,
15 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 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
20 CO₂ é que a mistura gasosa a ser separada é introduzida em contracorrente ao absorvente aquoso na coluna de absorção. 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
25 regenerado na coluna de regeneração e retornado para a coluna de absorção. A amina é regenerada pela extração da solução de amina com vapor na coluna de regeneração. O vapor é gerado na caldeira de reaquecimento, na base da coluna.

30 A Figura 1 e o texto anexo do documento de patente WO 2004/080573 descrevem um processo de regeneração sob baixa pressão para um absorvente de CO₂, em que o absorvente é extraído em uma coluna de regeneração através de fluxo em contracorrente de vapor. A pressão na coluna é

indicada como sendo de cerca de 0,15 atm, ou cerca de 0,15 bar, e a temperatura na base da coluna de regeneração é de cerca de 55°C, diminuindo na direção do topo da coluna. A pressão da mistura gasosa de CO₂ e vapor retirado no topo da coluna de regeneração é aumentada para a pressão atmosférica através de compressão em múltiplos estágios, com resfriamento e separação da água entre os estágios. O resfriamento é efetuado mediante troca de calor contra um absorvente pobre para produzir vapor de baixa pressão, para a extração na coluna de regeneração.

Esse processo de regeneração em condições subatmosféricas pode ser eficaz para absorventes de carbonato. Os absorventes de amina, entretanto, necessitam de temperaturas mais altas para que a extração do CO₂ ocorra de modo satisfatório. Além disso, o método de regeneração sob baixa pressão eleva os custos de construção e de operação da parte de regeneração da instalação em questão. Primeiramente, o abaixamento da pressão resulta na exigência de uma coluna de regeneração mais volumosa, aumentando dramaticamente o custo de construção. Em segundo lugar, a compressão do gás que é retirado do topo da coluna de regeneração, proveniente da pressão da coluna para a pressão atmosférica, é consumidora de energia. O custo de energia para compressão de um gás de 0,15 bar para 1 bar corresponde, aproximadamente, à compressão de um gás de 1 bar para 7 bar. A baixa temperatura de operação do dispositivo de extração possibilita, entretanto, uma simples e efetiva compressão desse gás.

Muito embora a redução de pressão na coluna de regeneração permita uma simples e vantajosa recompressão do vapor para integração de energia, as vantagens extraídas da integração de energia são menores que as desvantagens devido ao custo adicional. Além disso, o processo não seria possível de operar eficientemente, conforme mencionado

acima, para outros absorventes diferentes dos carbonatos, como no caso das normalmente mais preferidas aminas.

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.

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

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 alta temperatura de uma usina de energia termelétrica é reduzido. A eficiência reduzida comparada com uma instalação tradicional torna essas instalações menos rentáveis. Portanto, são procurados aperfeiçoamentos na eficiência, isto é, a redução do custo de energia no processo de captura de CO_2 .

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. Conseqüentemente, o calor tem de ser suprido para a coluna de regeneração para reverter a absorção e liberar o CO_2 .

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, sob uma

pressão normal de operação para esses dispositivos de extração de cerca de 1,5 bar ou 0,5 bar. O absorvente na caldeira de reaquecimento pode ser aquecido por uma fonte elétrica de calor, porém, mais comumente, mediante um meio
5 térmico, como, por exemplo, um vapor de alta 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
10 melhorar a economia do processo de captura de CO₂.

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 térmica de média temperatura, tal como, o vapor de
15 alta temperatura.

Breve Descrição da Invenção

De acordo com um primeiro aspecto, a presente invenção se refere a um método para regeneração de um
20 absorvente rico tendo absorvido CO₂, para proporcionar um absorvente regenerado ou pobre e CO₂, em cujo método uma corrente de absorvente rico é introduzida dentro de uma coluna regeneradora, a qual é operada sob pressão igual ou maior que a pressão atmosférica, em cuja coluna de
25 regeneração o absorvente circula descendentemente e em contracorrente com o vapor gerado pelo aquecimento do absorvente pobre na base da coluna regeneradora, onde o gás, compreendendo, principalmente, CO₂ liberado e vapor é retirado do topo da coluna e separado, de modo a
30 proporcionar uma corrente de CO₂ que é removida, e água condensada que é reciclada dentro da coluna regeneradora e em que o absorvente pobre ou regenerado é retirado da base da coluna, em que o gás que é retirado do topo da coluna regeneradora é comprimido e resfriado por troca térmica

para recuperar o calor, antes da separação do gás em CO₂ e água. Ao comprimir a quantidade total de CO₂ e vapor retirados do topo antes da separação, o calor do gás que sai da coluna de regeneração é conservado e convertido em calor de média temperatura à custa da energia usada para
5 aumentar a pressão do vapor e elevar a temperatura de condensação do vapor. Esse calor de média temperatura pode depois ser usado para outras finalidades, diferentemente do calor de baixa temperatura que é de nenhum ou de valor limitado para outras finalidades e, normalmente, é liberado
10 como água de resfriamento.

De acordo com uma modalidade, o gás retirado do topo da coluna de regeneração é comprimido para uma pressão que é de 2 a 5 vezes a pressão operacional da coluna de regeneração antes da separação do gás em CO₂ e água. Ao
15 comprimir o gás de 2 a 5 vezes a pressão operacional da coluna de regeneração, a energia térmica total e a temperatura no gás são aumentadas suficientemente para produzir o vapor de média temperatura, mediante troca térmica contra o gás comprimido.
20

De acordo com uma modalidade, o gás retirado do topo da coluna de regeneração é comprimido em uma unidade de compressão que compreende dois ou mais estágios de compressão, e em que é introduzida água dentro do gás comprimido entre os estágios de compressão. Diversos
25 estágios de compressão melhoram o controle com a compressão e permitem o resfriamento entre as etapas.

De acordo com uma modalidade específica, o gás comprimido é resfriado mediante troca térmica contra a água, para aquecer a dita água para produzir vapor. O
30 resfriamento através da adição de água dentro do gás comprimido aquecido reduz a temperatura do gás, sem a perda de qualquer energia térmica nos dispositivos de

resfriamento, dessa forma, irá manter a energia térmica no gás e reduzir a perda de calor.

De acordo com uma modalidade, o vapor gerado pela troca de calor é usado para geração de vapor mediante aquecimento do absorvente pobre na base da coluna regeneradora. O uso do vapor gerado pela troca de calor contra o gás comprimido irá substituir o vapor gerado na caldeira de reaquecimento, dessa forma, irá reduzir o ciclo de atividade da dita caldeira.

De acordo com um segundo aspecto, a presente invenção se refere a um método de captura de CO_2 de um gás contendo CO_2 , compreendendo a introdução de um absorvente líquido pobre e do gás contendo CO_2 dentro de um dispositivo absorvedor, no qual o gás contendo CO_2 é obrigado a circular em contracorrente em relação ao 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 dispositivo absorvedor, em que o absorvente rico é introduzido dentro de uma coluna regeneradora que é operada sob pressão igual ou maior que a pressão atmosférica, em cuja coluna de regeneração o absorvente circula descendentemente e em contracorrente com o vapor gerado pelo aquecimento do absorvente pobre na base da coluna regeneradora, onde o gás, compreendendo, principalmente, CO_2 liberado e vapor é retirado do topo da coluna e separado, de modo a proporcionar uma corrente de CO_2 que é removida, e água condensada que é reciclada dentro da coluna regeneradora e em que o absorvente pobre ou regenerado é retirado da base da coluna, em que o gás que é retirado do topo da coluna regeneradora é comprimido e resfriado por troca térmica para recuperar o calor, antes da separação do gás em CO_2 e água. Esse segundo aspecto se refere à inclusão do presente dispositivo regenerador em um

método de captura de CO₂ do ambiente, dessa forma, incluindo as vantajosas características dentro da instalação.

De acordo com um terceiro aspecto, a presente
5 invenção se refere a um dispositivo regenerador para um
absorvente líquido para CO₂, compreendendo uma coluna
regeneradora operada sob pressão igual ou maior que a
pressão atmosférica, uma linha de absorvente rico para
introdução do absorvente rico dentro da coluna
10 regeneradora, meios de retirada para retirada do absorvente
pobre da base da coluna regeneradora, uma caldeira de
reaquecimento para aquecimento de uma porção do absorvente
retirado antes da reintrodução dentro da coluna
regeneradora para produção de vapor, uma linha de
15 absorvente pobre para reciclagem de uma porção do
absorvente retirado pelos meios de retirada para um
dispositivo absorvedor, uma linha de retirada de gás para
retirada de CO₂ e vapor do topo da coluna regeneradora, e
meios de separação para separar o gás retirado do topo da
20 coluna regeneradora em uma corrente de CO₂ que é exportada
do dispositivo regenerador, e água que é reciclada para a
coluna regeneradora, compreendendo ainda uma unidade de
compressão de vapor para compressão do CO₂ e vapor para uma
pressão de 2 a 10 bar, provida entre a coluna regeneradora
25 e os meios de separação. Ao comprimir a quantidade total de
CO₂ e vapor retirados do topo antes da separação, o calor
do gás que sai da coluna de regeneração é conservado e
convertido em calor de média temperatura à custa da energia
usada para aumentar a pressão do vapor e elevar a
30 temperatura de condensação do vapor. A elevação da
temperatura de condensação do vapor possibilita que o calor
seja recuperado sob temperaturas mais altas. O resultado é
que a perda de energia no processo total é reduzida.

De acordo com uma primeira modalidade, a unidade de compressão é uma unidade de compressão de múltiplos estágios, compreendendo dois ou mais estágios de compressão. O uso de diversos estágios de compressão possibilita o resfriamento entre cada estágio. Isso aumenta a eficiência e reduz a temperatura de projeto do sistema de compressão.

De acordo com uma segunda modalidade, são providos meios de injeção de água para injetar água dentro do CO₂ comprimido e água entre os compressores. O resfriamento entre estágios é normalmente realizado por meio de trocadores de calor e um meio de resfriamento. O meio de resfriamento remove o calor do sistema. O resfriamento mediante injeção de vapor não remove a energia do sistema e aumenta a quantidade de calor que pode ser recuperada.

De acordo com uma quarta modalidade, a presente invenção se refere a uma instalação para captura de CO₂ a partir de um gás contendo CO₂, compreendendo meios para introduzir um absorvente líquido pobre 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 liberar o fluxo de gás exaurido de CO₂ para o ambiente, meios para retirar o absorvente rico do dispositivo absorvedor e para introduzir o absorvente rico dentro de um dispositivo regenerador, o dito dispositivo regenerador compreendendo um dispositivo regenerador para um absorvente líquido para CO₂, compreendendo uma coluna regeneradora operada sob uma pressão igual ou maior que a pressão atmosférica, uma linha de absorvente rico para introdução do absorvente rico dentro da coluna regeneradora, meios de retirada para retirar o absorvente pobre da base da coluna regeneradora,

uma caldeira de reaquecimento para aquecimento de uma porção do absorvente retirado antes da reintrodução dentro da coluna regeneradora para produção de vapor, uma linha de absorvente pobre para reciclagem de uma porção do absorvente retirado pelos meios de retirada para um dispositivo absorvedor, uma linha de retirada de gás para retirar o CO₂ e vapor do topo da coluna regeneradora, e meios de separação para separar o gás retirado do topo da coluna regeneradora em uma corrente de CO₂ que é exportada do dispositivo regenerador, e água que é reciclada para a coluna regeneradora, compreendendo ainda uma unidade de compressão de vapor para compressão do CO₂ e do vapor para uma pressão de 2 a 10 bar, provida entre a coluna regeneradora e os meios de separação. Essa quarta modalidade se refere a uma instalação de captura de CO₂ incorporando o dispositivo regenerador acima e proporciona, dessa forma, as mesmas vantagens para a instalação de captura completa.

A expressão "fonte de calor de baixa temperatura" ou "meio térmico de baixa temperatura" 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 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 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, normalmente, apresenta uma temperatura de entrada para um trocador de calor acima de 125°C, mais preferivelmente, 5 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, o qual é condensado em um trocador de calor para produzir água condensada a uma temperatura que é cerca de 1 a 10°C 10 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 temperatura.

O termo "estágios compressores" conforme usado na 15 presente descrição e também nas reivindicações significa incluir as unidades físicas compressoras compreendendo dois ou mais estágios compressores, ou compressores fisicamente separados, cada qual constituindo um estágio.

20 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
- a Figura 2 é um diagrama esquemático de uma modalidade da presente parte aperfeiçoada de regeneração de amina de uma 25 instalação de captura de CO₂.

Descrição Detalhada da Presente Invenção

A figura 1 ilustra uma instalação de captura de CO₂ de acordo com o estado da técnica, em que o gás de 30 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 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 de 90°C. O gás de exaustão proveniente da linha (1) é
5 introduzido numa seção de resfriamento, na qual ele é saturado com água e resfriado a uma temperatura de cerca de 35°C a cerca de 60°C.

O gás de exaustão resfriado e umidificado é 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 da torre de absorção, através de uma linha de absorvente
15 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 CO₂, é removido da torre de absorção
20 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
25 introduzido dentro de uma coluna regeneradora (8). Na coluna regeneradora (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 regeneradora através de uma saída de absorvente pobre (10).
30 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 regeneradora 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.

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 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.

A pressão na coluna de regeneração, normalmente, é a pressão atmosférica ou uma pressão mais alta, para se obter uma efetiva regeneração do absorvente ou extração do

CO₂. A pressão na coluna de regeneração é normalmente de 1,5 bar ou superior a isso. Numa situação prática, a pressão é normalmente de cerca de 1,5 a cerca de 2,0 bar, porém, pode ultrapassar a esse valor de pressão.

5 O CO₂ liberado do absorvente, vapor d'água e menores quantidade de absorvente são retirados da coluna regeneradora (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
10 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) para posterior tratamento, tal como, secagem, compressão e deposição. A água
15 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).

Um especialista versado na técnica irá entender que o vapor d'água retirado através da linha (9) e a água condensada removida no separador (15), podem compreender
20 menores quantidades de absorvente. A água e os vapores d'água usados na presente descrição e nas reivindicações são, portanto, idealizados de incluir a água e os vapores d'água que compreendem menores quantidades de absorvente,
25 quando apropriado.

A figura 2 ilustra uma modalidade preferida da presente invenção. Essa modalidade corresponde, principalmente, ao método e instalação descritos com referência à figura 1, exceto em que o gás retirado da
30 coluna de regeneração (8) na linha (9) é diretamente comprimido numa unidade de compressão (20) sem separação da água antes da etapa de compressão.

A unidade de compressão, preferivelmente, compreende dois ou mais compressores ou estágios

compressores conectados em série (21, 21', 21'') mediante linhas de conexão (28). A água de uma linha de suprimento d'água (30) é introduzida dentro do gás comprimido e, dessa forma, aquecido, entre os estágios compressores, nas linhas de conexão (28), através de injetores de água (29, 29'). A
5 água resfria e satura o gás antes do próximo estágio de compressão.

O gás é tipicamente comprimido na unidade de compressão (20) para uma pressão, tipicamente, de 2 a 5
10 vezes maior que a pressão de operação da coluna de regeneração, correspondendo a uma pressão do gás que sai da unidade de compressão de cerca de 2 a cerca de 10 bar. Mais tipicamente, a pressão do gás que sai da unidade de compressão é de cerca de 4 bar a cerca de 8 bar.

O gás comprimido e aquecido que sai da unidade de compressão (20) através de uma linha (22) é resfriado em um trocador de calor (23), no qual, alguma porção de água e de absorvente são condensados, para aquecer um meio térmico em uma linha (32). A corrente na linha (22') compreendendo
20 condensado e gás é, após isso, ainda resfriada em um dispositivo resfriador (24), antes do condensado e do gás serem separados em um dispositivo separador (25). A fase gasosa é retirada do separador (25) na linha de CO₂ (31) para posterior tratamento, tal como, compressão, secagem e
25 deposição. A fase líquida no separador (25), compreendendo principalmente água e menores quantidades de absorvente é retirada do separador em uma linha de líquido (27) e, opcionalmente, é controlada por meio de uma válvula (26) e recirculada dentro da coluna de regeneração.

30 Ao comprimir o gás total retirado da coluna de regeneração, compreendendo CO₂, vapor d'água e menores quantidades de absorvente, a temperatura de condensação do vapor d'água no gás é elevada. Isso significa que o calor

removido para condensar a água pode ser recuperado sob uma elevada temperatura e usado no processo.

O calor do gás que sai da unidade de compressão (20) na linha (22) pode, por exemplo, ser usado como uma fonte de calor para a caldeira de reaquecimento (11). O meio térmico que sai do trocador de calor (23) pode ser usado como pelo menos uma parte do meio térmico de média temperatura que entra na caldeira de reaquecimento (11 através da linha (13) ou o trocador de calor (23) é a própria caldeira de reaquecimento (11).

Um exemplo de instalação 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 (11) 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 estimulação da presente invenção, o vapor que sai da torre de regeneração é comprimido para 6 bar através de 4 estágios de compressão. Entre cada estágio de compressão, o vapor é resfriado por meio de injeção de água. O vapor comprimido está a uma temperatura de 144°C e pressão de 6 bar. O vapor é passado para o trocador de calor onde é resfriado para a temperatura de 133°C. O vapor é depois passado para o

condensador para um resfriamento final para 25°C. O ciclo de atividade do trocador de calor é de 36 MW. Esse calor pode ser usado diretamente na caldeira de reaquecimento ou pode ser usado para gerar vapor que pode ser usado na
5 caldeira de reaquecimento.

Todo o dióxido de carbono produzido é comprimido para armazenamento ou descarte. O ciclo de atividade da caldeira de reaquecimento é reduzido para 116 MW, uma redução de 36 MW. A unidade compressora de vapor (20)
10 apresenta um ciclo de atividade de 12 MW. No entanto, o ciclo de atividade do compressor de dióxido de carbono é reduzido de 4 MW, o que resulta em um aumento líquido no consumo de energia para compressão de 8 MW.

Conseqüentemente, o uso de vapor de compressão
15 para elevar a temperatura de condensação de acordo com a presente invenção, torna possível reduzir a exigência de vapor para o dispositivo regenerador de 152 MW para 116 MW, dessa forma, reduzindo a exigência de vapor do regenerador de 24%. Deve ser observado que o consumo de energia
20 elétrica aumenta de 8 MW.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para regeneração de um absorvente rico tendo absorvido CO₂, para proporcionar um absorvente regenerado ou pobre e CO₂, em cujo método se introduz uma corrente de absorvente rico dentro de uma coluna regeneradora, a qual é operada sob pressão igual ou maior que a pressão atmosférica, em cuja coluna de regeneração o absorvente circula descendentemente e em contracorrente em relação ao vapor gerado pelo aquecimento do absorvente pobre na base da coluna regeneradora, onde um gás compreendendo principalmente CO₂ liberado e vapor é retirado do topo da coluna e separado, proporcionando uma corrente de CO₂ que é removida, e água condensada que é reciclada dentro da coluna regeneradora, e em que o absorvente pobre ou regenerado é retirado da base da coluna, em que o gás que é retirado do topo da coluna regeneradora é comprimido e resfriado pela troca de calor para recuperar o calor, antes da separação do gás em CO₂ e água, **caracterizado** pelo fato de que o gás retirado do topo da coluna regeneradora é comprimido em uma unidade de compressão compreendendo dois ou mais estágios de compressão e em que se introduz água dentro do gás comprimido, entre os estágios de compressão.

25

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o absorvente é um absorvente de amina.

30

3. Método, de acordo com as reivindicações 1 ou 2, **caracterizado** pelo fato de que a pressão de operação da coluna regeneradora é de valor igual ou maior que 1,5 bar.

4. Método, de acordo com quaisquer das reivindicações 1 a 3, **caracterizado** pelo fato de que o gás retirado do topo da coluna de regeneração é comprimido em uma pressão que é de 2 a 5 vezes a pressão de operação da
5 coluna de regeneração, antes da separação do gás em CO₂ e água.

5. Método, de acordo com quaisquer das reivindicações anteriores, **caracterizado** pelo fato de que o
10 gás comprimido é resfriado pela troca térmica contra a água, para aquecer a dita água, para produzir vapor.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** pelo fato de que o calor gerado pela troca
15 térmica é usado para geração de vapor, mediante aquecimento do absorvente pobre na base da coluna regeneradora.

7. Método para captura de CO₂ a partir de um gás contendo CO₂, **caracterizado** pelo fato de compreender a
20 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 a um absorvente pobre para produzir um absorvente rico e uma corrente de gás exaurida de CO₂, liberando o gás exaurido
25 de CO₂ para o ambiente, retirando o absorvente rico do dispositivo absorvedor, e em que o absorvente rico é introduzido dentro de uma coluna regeneradora, de acordo com a reivindicação 1.

30 8. Método, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato de que o absorvente é um absorvente de amina.

9. Método, de acordo com as reivindicações 7 ou 8, **caracterizado** pelo fato de que a pressão de operação da coluna regeneradora é de valor igual ou maior que 1,5 bar.

5 10. Método, de acordo com quaisquer das reivindicações 7 a 9, **caracterizado** pelo fato de que o gás retirado do topo da coluna de regeneração é comprimido em uma pressão que é de 2 a 5 vezes a pressão de operação da
10 coluna de regeneração, antes da separação do gás em CO₂ e água.

11. Método, de acordo com quaisquer das reivindicações 7 a 10, **caracterizado** pelo fato de que o gás comprimido é resfriado pela troca térmica contra a água,
15 para aquecer a dita água, para produzir vapor.

12. Método, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelo fato de que o calor gerado pela troca térmica é usado para geração de vapor, mediante aquecimento
20 do absorvente pobre na base da coluna regeneradora.

13. Dispositivo regenerador para um absorvente líquido para CO₂, compreendendo uma coluna regeneradora (8) operada sob pressão igual ou maior que a pressão
25 atmosférica, uma linha de absorvente rico (5) para introdução do absorvente rico dentro da coluna regeneradora (8), meios de retirada (10) para retirada do absorvente pobre da base da coluna regeneradora (8), uma caldeira de reaquecimento (11) para aquecimento de uma porção do
30 absorvente retirado antes da reintrodução dentro da coluna regeneradora (8) para produção de vapor, uma linha de absorvente pobre (4) para reciclagem de uma porção do absorvente retirado pelos meios de retirada (10) para um dispositivo absorvedor (3), uma linha de retirada de gás

(9) para retirada de CO₂ e vapor do topo da coluna regeneradora (8), e meios de separação (25) para separar o gás retirado do topo da coluna regeneradora (8) em uma corrente de CO₂ que é exportada do dispositivo regenerador (8), e água que é reciclada para a coluna regeneradora (8), e ainda uma unidade de compressão de vapor (20) para compressão do CO₂ e vapor para uma pressão de 2 a 10 bar, provida entre a coluna regeneradora (8) e os meios de separação (25), **caracterizado** pelo fato de que a unidade de compressão (20) é uma unidade de compressão de múltiplos estágios, compreendendo dois ou mais estágios compressores (21, 21', 21''), onde são providos meios de injeção (29, 29') para injetar água dentro do CO₂ comprimido e água entre os estágios compressores.

15

14. Instalação para captura de CO₂ a partir de um gás contendo CO₂, **caracterizada** pelo fato de compreender meios (4) para introdução de um absorvente líquido pobre e do gás contendo CO₂ dentro de um dispositivo absorvedor (3), 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 (6) para liberar o fluxo de gás exaurido de CO₂ para o ambiente, meios (5) para retirar o absorvente rico e introduzir o mesmo dentro de uma coluna regeneradora (8), de acordo com a reivindicação 13.

25

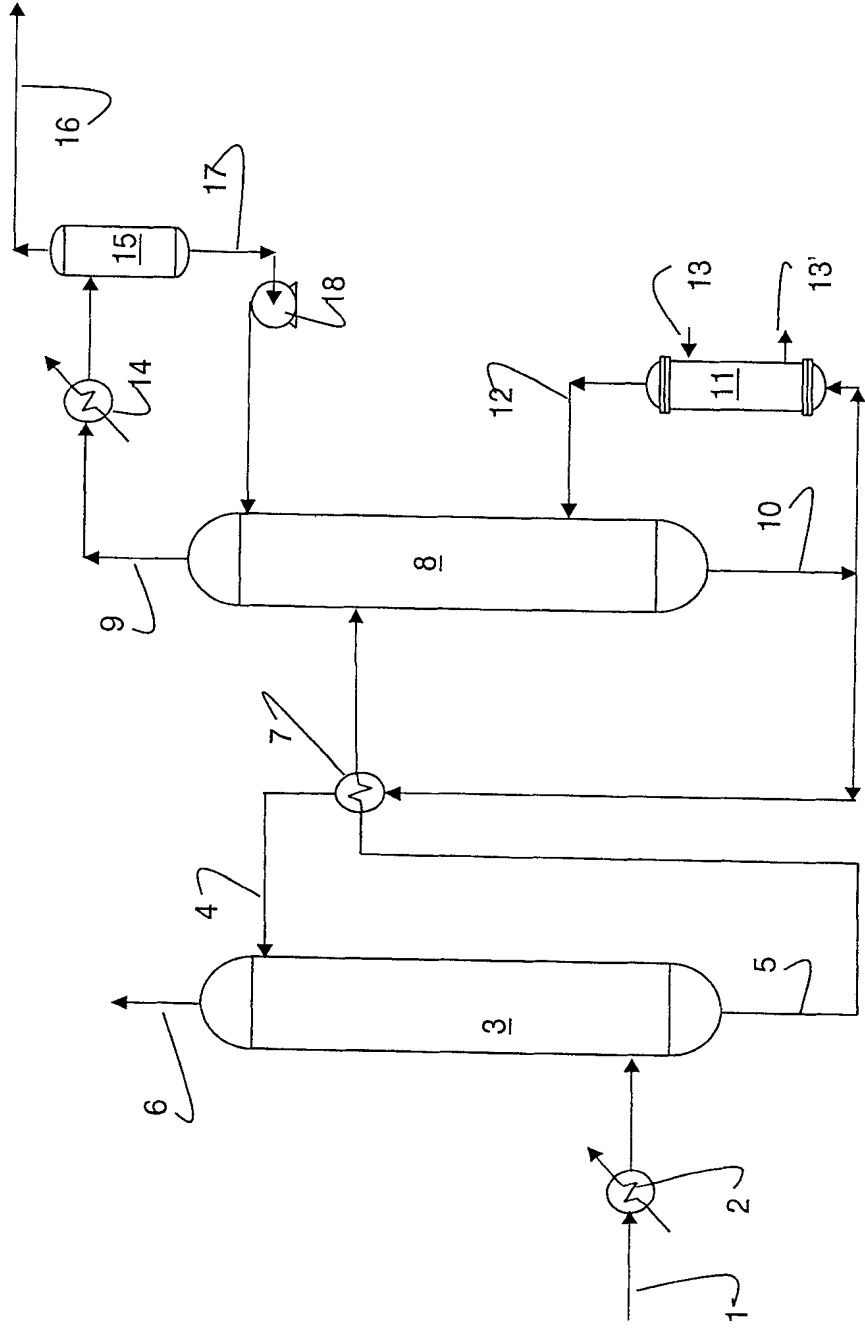


Fig. 1

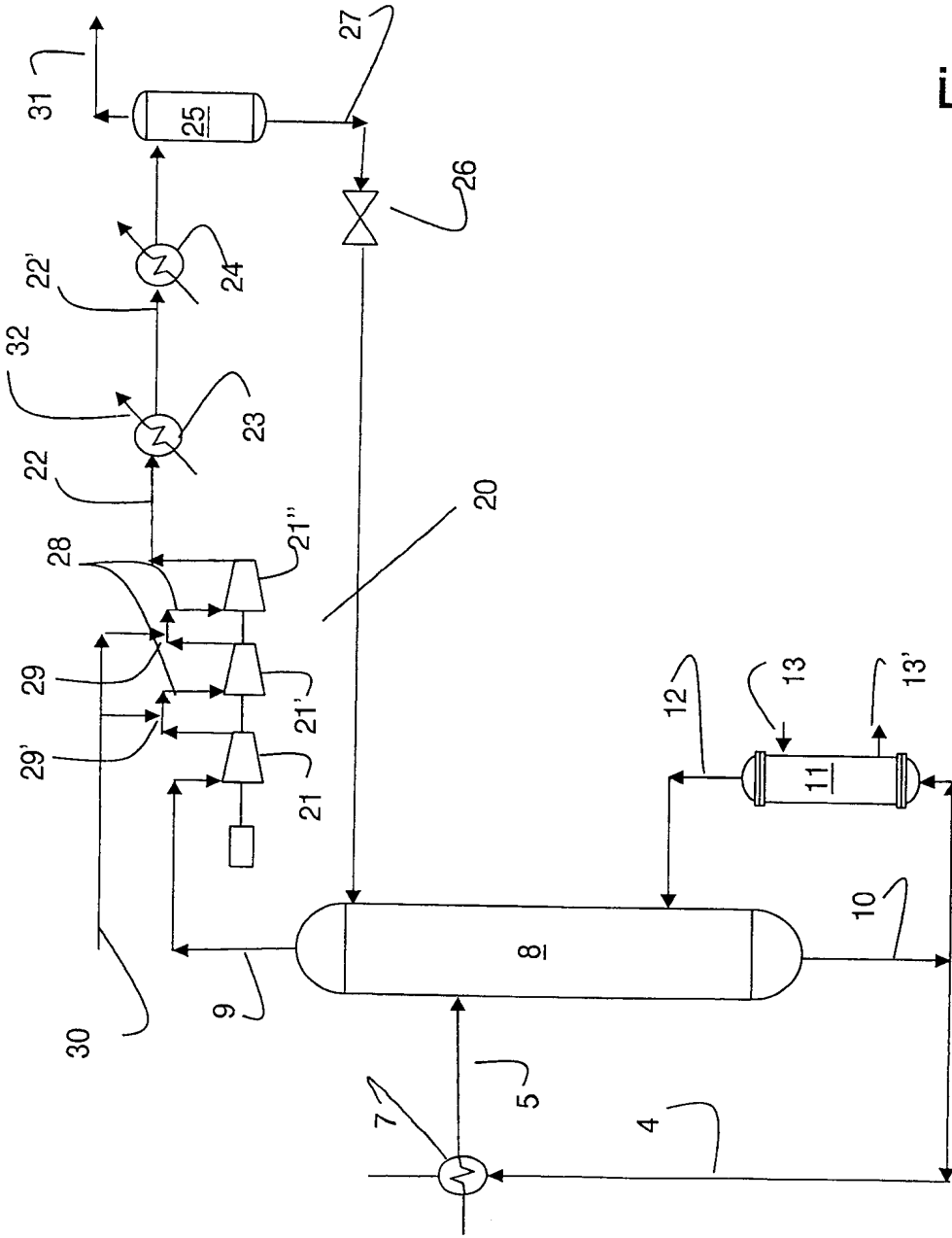


Fig. 2

RESUMO**"REGENERAÇÃO APERFEIÇOADA DE ABSORVENTE"**

5 A presente invenção se refere a um método para
regeneração de um absorvente rico tendo absorvido CO₂, para
proporcionar um absorvente regenerado ou pobre, e CO₂, em
que o absorvente rico é regenerado mediante extração contra
vapor em uma coluna de regeneração, onde um gás,
10 compreendendo, principalmente, CO₂ liberado e vapor é
retirado do topo da coluna e separado para proporcionar uma
corrente de CO₂ que é removida, e água condensada que é
reciclada dentro da coluna regeneradora, em que o
absorvente pobre ou regenerado é retirado da base da coluna
15 e em que o gás que é retirado do topo da coluna
regeneradora é comprimido e resfriado mediante troca
térmica para recuperar o calor, antes da separação do gás
em CO₂ e água.