

(11) Número de Publicação: **PT 2197566 E**

(51) Classificação Internacional:
B01D 53/14 (2011.01) **C10L 3/10** (2011.01)

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: **2008.08.12**

(30) Prioridade(s): **2007.10.09 DE**
102007048565

(43) Data de publicação do pedido: **2010.06.23**

(45) Data e BPI da concessão: **2012.05.02**
141/2012

(73) Titular(es):

MT-BIOMETHAN GMBH
LUDWIG-ELSBETT-STRASSE 1 27404 ZEVENDE

(72) Inventor(es):
LOTHAR GÜNTHER

DE

(74) Mandatário:
MARIA MANUEL RAMOS LUCAS
LARGO DE S. DOMINGOS N° 1 2910-092 SETÚBAL

PT

(54) Epígrafe: **PROCEDIMENTO E INSTALAÇÃO PARA A REGENERAÇÃO DE UMA SOLUÇÃO DE LAVAGEM QUE CONTÉM AMINAS OBTIDA DURANTE A PURIFICAÇÃO DO GÁS**

(57) Resumo:

A INVENÇÃO REFERE-SE A UM PROCEDIMENTO PARA A REGENERAÇÃO DE UMA SOLUÇÃO DE LAVAGEM QUE CONTÉM AMINAS OBTIDA DURANTE A PURIFICAÇÃO DO GÁS, NA QUAL O CO₂ E OS COMPOSTOS SULFÚRICOS ESTÃO LIGADOS QUIMICAMENTE, ASSIM COMO A UMA INSTALAÇÃO ADEQUADA PARA A REALIZAÇÃO DO PROCEDIMENTO. PARTINDO DAS DESVANTAGENS DO ESTADO DA TÉCNICA CONHECIDO, DEVE SER CRIADO UM PROCEDIMENTO QUE PERMITA UM MODO DE PROCEDER MAIS ECONÓMICO E COM O QUAL SEJA OBTIDA UMA SOLUÇÃO DE LAVAGEM ALTAMENTE PURA. PARA ISSO É PROPOSTO COMO SOLUÇÃO, QUE A) A SOLUÇÃO DE LAVAGEM CONTAMINADA SER AQUECIDA A UMA TEMPERATURA DE PELO MENOS 110 °C E COMPRIMIDA A UMA PRESSÃO DE PELO MENOS 4 BAR E SUBSEQUENTEMENTE EXPANDIDA NUMA PRIMEIRA FASE DE EXPANSÃO ONDE A MAIOR PROPORÇÃO DE CO₂ E COMPOSTOS SULFÚRICOS SÃO REMOVIDOS COMO FLUXO DE GÁS DA SOLUÇÃO DE LAVAGEM, B) A SOLUÇÃO DE LAVAGEM REMOVIDA SER AQUECIDA A UMA TEMPERATURA DE PELO MENOS 130 °C E COMPRIMIDA A UMA PRESSÃO DE PELO MENOS 4 BAR E NUMA SEGUNDA FASE DE EXPANSÃO EXPANDIDA A UMA PRESSÃO, QUE É PELO MENOS 0,5 BAR MAIS ALTA DO QUE A PRESSÃO DE EXPANSÃO DA PRIMEIRA FASE DE EXPANSÃO, ONDE A MAIOR PROPORÇÃO DE CO₂ E COMPOSTOS SULFÚRICOS AINDA PRESENTE REMOVIDOS COMO FLUXO DE GÁS DA SOLUÇÃO DE LAVAGEM, C) A SOLUÇÃO DE LAVAGEM REMOVIDA DA SEGUNDA FASE DE EXPANSÃO SER ARREFECIDA A UMA TEMPERATURA ABAIXO DE 70 °C E EXPANDIDA À PRESSÃO NORMAL NUMA TERCEIRA FASE DE EXPANSÃO, ONDE AS QUANTIDADES RESIDUAIS DE CO₂.

RESUMO

A invenção refere-se a um procedimento para a regeneração de uma solução de lavagem que contém aminas obtida durante a purificação do gás, na qual o CO₂ e os compostos sulfúricos estão ligados quimicamente, assim como a uma instalação adequada para a realização do procedimento. Partindo das desvantagens do estado da técnica conhecido, deve ser criado um procedimento que permita um modo de proceder mais económico e com o qual seja obtida uma solução de lavagem altamente pura. Para isso é proposto como solução, que

- a) a solução de lavagem contaminada ser aquecida a uma temperatura de pelo menos 110 °C e comprimida a uma pressão de pelo menos 4 bar e subsequentemente expandida numa primeira fase de expansão onde a maior proporção de CO₂ e compostos sulfúricos são removidos como fluxo de gás da solução de lavagem,
- b) a solução de lavagem removida ser aquecida a uma temperatura de pelo menos 130 °C e comprimida a uma pressão de pelo menos 4 bar e numa segunda fase de expansão expandida a uma pressão, que é pelo menos 0,5 bar mais alta do que a pressão de expansão da primeira fase de expansão, onde a maior proporção de CO₂ e compostos sulfúricos ainda presente removidos como fluxo de gás da solução de lavagem,
- c) a solução de lavagem removida da segunda fase de expansão ser arrefecida a uma temperatura abaixo de 70 °C e expandida à pressão normal numa terceira fase de expansão, onde as quantidades residuais de CO₂ ...

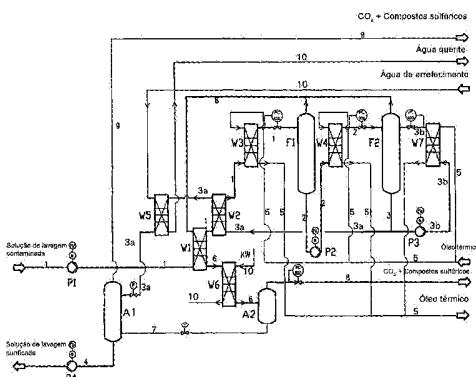


Figura 1

DESCRIÇÃO

PROCEDIMENTO E INSTALAÇÃO PARA A REGENERAÇÃO DE UMA SOLUÇÃO DE LAVAGEM QUE CONTÉM AMINAS OBTIDA DURANTE A PURIFICAÇÃO DO GÁS

A invenção refere-se a um procedimento para regenerar uma solução de lavagem que contém aminas obtida durante a purificação do gás, na qual o CO₂ e compostos sulfúricos estão ligados quimicamente, assim como a uma instalação adequada para realizar o procedimento. Vários gases, como por exemplo o biogás, o gás de combustão de processos químicos, o gás de refinaria ou gases associados ao petróleo, contêm CO₂ e compostos sulfúricos que devem ser removidos por lavagem antes de que estes gases sejam usados para outros fins ou descarregados na atmosfera. Procedimentos para levar a cabo este processo incluem processos físicos ou químicos de purificação do gás, onde uma lavagem química é preferencialmente realizada por meio de uma solução de lavagem que contém aminas, na que os compostos separados de CO₂ e sulfúricos são ligados quimicamente. Por razões económicas, é vantajoso regenerar a solução de lavagem que contém aminas contaminadas, para que esta possa ser reutilizada no circuito.

O documento DE 10 2005 051 952 B3 descreve o procedimento de regeneração de uma solução lavagem em relação com a produção de metano e de dióxido de carbono líquido do gás de refinaria ou biogás no qual apenas o CO₂ é ligado. Neste caso a solução de lavagem contaminada que descarrega de uma coluna de absorção é comprimida a uma pressão de 65 bar e é aquecida num permutador de calor a uma temperatura de aproximadamente 175 °C. Sob estas condições cerca de 10% do dióxido de carbono contido na água de lavagem passa à fase gasosa. Com um aquecimento adicional da solução de lavagem a uma temperatura de 209 °C mais do que 99% do dióxido de carbono é removido da solução de lavagem. Seguidamente a solução de lavagem é introduzida numa coluna de dessorção, na que é levada a cabo a remoção do dióxido de carbono residual com o fornecimento adicional de calor.

Seguidamente a solução de lavagem regenerada é arrefecida gradualmente até 10 °C com recuperação de calor.

As desvantagens do procedimento são a alta pressão de e as altas temperaturas funcionamento. Estas últimas conduzem a perdas de solução de lavagem e aumenta o risco de degradação da solução. A solução de lavagem purificada contém ainda pequenas quantidades de impurezas, que podem ter um efeito negativo quando da sua reutilização.

O documento WO 2004/052511 A descreve a regeneração de um dissolvente físico numa série de fases de expansão.

O documento WO 2005/044355 A descreve a regeneração de um dissolvente numa coluna de expansão de alta pressão e noutra coluna de expansão ou série de colunas de expansão.

O objecto da invenção é o de conceber um procedimento para a regeneração de uma solução de lavagem que contém aminas que é obtida na purificação do gás, na qual o CO₂ e os compostos sulfúricos estão quimicamente ligados, e prover um funcionamento mais económico e com o qual é obtido uma solução de lavagem altamente pura.

Adicionalmente, uma instalação adequada deve ser criada para a realização do procedimento. De acordo com a invenção, esta finalidade é obtida com as características especificadas na reivindicação 1. As formas de realização vantajosas do procedimento estão indicadas nas reivindicações de 2 a 10. Uma instalação adequada para a realização do procedimento é objecto da reivindicação 11. As configurações vantajosas da instalação estão indicadas nas reivindicações 12 e 13.

A solução de lavagem contaminada é aquecida a uma temperatura de pelo menos 110 °C, se necessário a 135 °C, preferencialmente 125 °C, e é comprimida a uma pressão de pelo menos 4 bar,

preferencialmente de entre 6 e 12 bar, e seguidamente expandida numa primeira fase de expansão preferencialmente a uma pressão de entre 1 e 8 bar, onde a maior proporção de CO₂ e compostos sulfúricos são removidos como fluxo de gás da solução de lavagem (fase do procedimento a)).

Seguidamente, a solução de lavagem extraída é aquecida a uma temperatura de pelo menos 130 °C, se necessário a 160 °C, preferencialmente 145 °C, e é comprimida a uma pressão de pelo menos 4 bar, preferencialmente de entre 5 e 8 bar, e numa segunda fase de expansão expandida a uma pressão, que é pelo menos 0,5 bar, se necessário 3 bar, mais alta do que a pressão de expansão da primeira fase de expansão, onde a maior proporção de CO₂ e compostos sulfúricos ainda presentes são removidos como fluxo de gás da solução de lavagem (fase do procedimento b)). Na primeira e segunda fase de expansão, a expansão dá-se preferencialmente como expansão flash.

A solução de lavagem removida da segunda fase de expansão é arrefecida a uma temperatura abaixo dos 70 °C e numa terceira fase de expansão expandida a uma pressão normal, na qual quantidades residuais ainda presentes de CO₂ solúvel é separada e esta fluxo parcial é arrefecido a uma temperatura normal como uma solução de lavagem completamente purificada (fase do procedimento c)).

A solução de lavagem removida depois da primeira fase de expansão e/ou segunda fase de expansão é/são dividida(s) em dois fluxos parciais. Um fluxo parcial volta ao circuito à respectiva fase de expansão, e a sua temperatura e pressão são ajustadas às condições da correspondente fase de expansão. Durante a expansão quantidades residuais ainda presentes dos compostos sulfúricos são removidos deste fluxo parcial. O outro fluxo parcial que não foi removido do circuito é posteriormente processado de acordo a fase do procedimento b) ou c).

A solução de lavagem removida do circuito é por exemplo comprimida a uma pressão de entre 5 e 10 bar e é aquecida a uma temperatura, que é pelo menos de entre 2 e 10 °C mais alta do que a temperatura de funcionamento na respectiva fase de expansão.

Na segunda fase de expansão as quantidades residuais ainda presentes de CO₂ solúvel e compostos sulfúricos são removidas. Na terceira fase de expansão com as presentes condições (temperatura e pressão) dá-se uma redissolução de CO₂, que escapa da solução de lavagem. A solução de lavagem possui agora o maior grau de pureza possível. Depois de que a solução de lavagem tenha arrefecido à temperatura normal, ela pode voltar ao ciclo de lavagem para remover o CO₂ e os compostos sulfúricos do biogás.

O procedimento proposto permite uma regeneração da solução de lavagem contaminada carregada com substâncias diferentes a pressões e temperaturas comparativamente baixas, devido à expansão planeada de pressão multi-nível e temperatura controlada. Além disso, a quantidade de água na solução de lavagem é retida porque as proporções de água evaporada removida com os vapores podem voltar à solução de lavagem purificada depois da condensação.

A expansão em múltiplas fases da solução de lavagem contaminada permite que se leve a cabo uma remoção mais selectiva de CO₂, H₂S e COS (compostos sulfúricos orgânicos). Condicionada pelas diferentes condições de pressão e temperatura, a quantidade de água que escapa da solução de lavagem nas expansões flash individuais pode ser significativamente reduzida. Dado que o calor de evaporação da água é 5 vezes mais alto do que o dos componentes a serem removidos dos gases, a quantidade de energia requerida para a regeneração necessária pode ser consideravelmente reduzida.

A mistura de gases composta por dióxido de carbono, água e compostos sulfúricos removidos como vapores nas fases de expansão de acordo com as fases do procedimento a) e b) é usada como médio de transferência de calor para o aquecimento da solução de lavagem contaminada e é arrefecida no processo à temperatura normal.

A solução de lavagem purificada obtida da segunda fase de expansão é usada como meio de transferência de calor para o aquecimento da solução de lavagem contaminada.

Desta forma é provido um modo de procedimento especialmente vantajoso em termos energéticos, e prover ainda água quente.

A água condensada é removida da mistura de gases arrefecida à temperatura normal (vapores) num separador. Uma quantidade dosificada desta água é misturada com a solução de lavagem completamente purificada para manter o teor de amina requerido.

O fluxo de gás da primeira e da segunda fase de expansão (CO_2 e compostos sulfúricos) removido pode se necessário ser dessulfurizado a jusante do dispositivo de dessulfurização .

Os tempos de reacção na primeira fase de expansão podem ser ainda reduzidos submetendo a solução de lavagem a um tratamento com ultra-sons. O tempo de permanência ou de reacção nesta fase pode portanto ser reduzido até aproximadamente 30% com a mesma performance de remoção. Usando o mesmo procedimento uma terceira ou quarta fase de expansão pode ser disposta a jusante da segunda fase de expansão.

O valor do pH da solução de lavagem purificada pode ser medido e usado como variável de controlo para o ajustamento da temperatura da solução de lavagem contaminada nas fases de expansão.

Numa fase de expansão o rácio entre a quantidade do fluxo parcial removido do circuito e a quantidade da solução de lavagem contaminada alimentada é de 0,2 para 5.

A remoção planeada do circuito de uma quantidade parcial da solução de lavagem na primeira e/ou na segunda fase de expansão tem as seguintes vantagens.

A remoção do circuito de um fluxo parcial pequeno permite que a operação de exploração económica seja mantida com baixa quantidade de consumo de energia. Adicionalmente o fluxo parcial, a pressão e a temperatura do circuito podem ser ajustados às quantidades dos compostos sulfúricos contidos no biogás e usados como variável de controlo.

O alto grau de pureza da solução de lavagem regenerada tem outras vantagens quando usada adicionalmente para a purificação do gás.

A solução de lavagem formada tem a capacidade de remover mais de 85 g/l de dióxido de carbono e mais de 15 g/l de compostos sulfúricos. Assim a mesma quantidade de CO₂ pode ser removida com uma quantidade mais pequena de detergente e especialmente uma quantidade maior de compostos sulfúricos podem ser removidos do que anteriormente. Consequentemente, com a quantidade de detergente mais pequena também quantidades mais pequenas de hidrocarbonetos são também dissolvidas na água de lavagem. As perdas de metano que se dão com este procedimento estão portanto à volta de menos do que 0,05%. Com o uso de quantidades de detergente mais pequenas o consumo energético é reduzido.

Uma instalação adequada para a realização do procedimento compreende uma tubagem de circulação para conduzir a solução de lavagem, na qual estão integrados na direcção do fluxo uma primeira bomba, pelo menos um permutador de calor, pelo menos dois dispositivos de expansão conectados em série e um primeiro

separador. Uma segunda bomba e um permutador de calor a jusante estão integrados na tubagem de circulação entre o primeiro e o segundo dispositivo de expansão. A jusante de pelo menos um dos dispositivos de expansão um circuito fechado conecta da tubagem de circulação, estando o dito circuito fechado conectado ao dispositivo de expansão, para a remoção de uma quantidade parcial da solução de lavagem purificada e a sua recondução ao dispositivo de expansão. Uma terceira bomba e outro permutador de calor estão integrados no circuito fechado.

À cabeça dos dispositivos de expansão uma tubagem está disposta para a remoção dos vapores, estando a dita tubagem conectada a um segundo separador para a remoção da água condensada. Pelo menos um permutador de calor está integrado nesta tubagem para o arrefecimento dos vapores. O segundo separador está conectado ao primeiro separador via tubagem para conduzir a água condensada em quantidades dosificadas.

Três permutadores de calor conectados em série estão dispostos a montante do primeiro dispositivo de expansão para o aquecimento gradual da solução de lavagem contaminada à temperatura de funcionamento requerida. O primeiro permutador de calor está integrado na tubagem que transporta os vapores e o segundo permutador de calor está integrado na tubagem que transporta a solução de lavagem purificada quente. O terceiro permutador de calor pode ser aquecido por um meio de transferência de calor externo e é ligado intermitentemente. Geralmente este permutador de calor só é usado durante a fase de arranque.

A instalação proposta pode ser usada em variadíssimas áreas de trabalho e está caracterizada por um rendimento energético alto.

A invenção explicar-se-á agora com um exemplo de realização. No desenho anexo é mostrado o esquema funcional de uma instalação para a regeneração da solução de lavagem contaminada, na qual o CO₂ e os compostos sulfúricos estão ligados como impurezas.

A instalação é por exemplo parte de uma instalação de tratamento do biogás, na qual o CO₂ e os compostos sulfúricos contidos no biogás são removidos com uma lavagem de aminas. Para permitir uma reutilização da solução de lavagem que contém aminas, é necessário remover completamente as impurezas de CO₂ e dos compostos sulfúricos. A solução de lavagem contaminada obtida (aproximadamente 9 m³/h) com uma concentração de aminas de 40%, a uma temperatura de 38 °C e uma carga de 85g de CO₂/l e 6 g de H₂S/l é conduzido via tubagem 1, e via bomba de circulação P1 nos três permutadores de calor conectados em série W1, W2 e W3, e aquecidos gradualmente nos ditos permutadores de calor a aproximadamente 65 °C, e depois a aproximadamente 125 °C, e é comprimida a uma pressão de 7,5 bar. Seguidamente, a solução de lavagem contaminada quente passa num primeiro dispositivo de expansão flash F1 (primeira fase de expansão) onde se expande a uma pressão de aproximadamente 4,5 bar. Durante o procedimento de expansão aproximadamente 60% das impurezas ligadas quimicamente na solução de lavagem (dióxido de carbono e compostos sulfúricos) são libertadas num tempo de reacção posterior inferior a 400 s e a uma temperatura de reacção de aproximadamente 125 °C, e são removidas à cabeça do dispositivo de expansão flash F1 como vapor via tubagem 6. Sob estas condições a proporção de CO₂ ligado quimicamente na solução de lavagem é reduzida de 85 g/l para 40 g/l e a dos compostos sulfúricos de 6 g/l para 4 g/l. A solução de lavagem parcialmente purificada é a partir de agora alimentada a outro permutador de calor W4 com a bomba P2 via tubagem 2, aquecida com o óleo térmico como meio de transferência de calor a uma temperatura de aproximadamente 140 °C, comprimida a uma pressão de 6,5 bar, conduzida num segundo dispositivo de expansão flash F2 (segunda fase de expansão) onde se expande a uma pressão de aproximadamente 5,5 bar. Durante a expansão flash a proporção dos componentes ligados quimicamente de CO₂ são reduzidos de 40 g/l para 22 g/l e a dos compostos sulfúricos de 4 g/l para 2,5 g/l. As impurezas separadas são removidas à cabeça do

dispositivo de expansão flash F2 via tubagem 6 como vapor. Seguidamente, outra redução de pressão é realizada de 5,5 para 4,5 bar. Desta maneira é significativamente reduzida o teor de água nos vapores e reduzindo assim a totalidade de energia necessária para a purificação da solução de lavagem. No fundo da instalação a solução de lavagem purificada é removida via tubagem 3 e é dividida em dois fluxos parciais. A tubagem ramificada 3b está configurada como um circuito fechado, que é desviado para o dispositivo de expansão flash F2. Uma bomba P3 e um permutador de calor W7 estão integrados neste circuito fechado 3b, sendo o dito permutador de calor aquecido via óleo térmico como meio de transferência de calor. Desta forma um fluxo parcial da solução de lavagem ($18 \text{ m}^3/\text{h}$) é bombeado continuamente via tubagem 3b e conduzido no circuito. Através do permutador de calor interconectado W7 a temperatura da solução de lavagem conduzida no circuito é mantida constante a aproximadamente 145°C . Nestas condições a proporção de CO_2 ligada quimicamente na solução de lavagem é reduzida de 22 g/l para 8 g/l e a dos compostos sulfúricos de 2,5 g/l para 0,9 g/l. Desta forma a carga de detergente total da carga obtida é de 77 g/l para a remoção de dióxido de carbono e de 5,1 g/l para a remoção dos compostos sulfúricos. No caso de que seja necessário outra fase de expansão flash não mostrada, pode ser ajustada a jusante possibilitando que capacidade de carga da solução de lavagem possa ser ligeiramente aumentada.

O rácio entre a quantidade parcial de fluxo removido e a quantidade da solução de lavagem contaminada adicionada via tubagem 1 é de 0,2 para 5. A quantidade de solução de lavagem removida via tubagem do fluxo parcial 3a ($9\text{m}^3/\text{h}$) a uma temperatura de aproximadamente 145°C é conduzida pelo permutador de calor W2 e é usada ao mesmo tempo como condutor de calor para o aquecimento da solução de lavagem contaminada e sendo portanto arrefecida a aproximadamente 68°C . A solução de lavagem é ainda arrefecida a jusante do permutador de calor W5 por meio de água de arrefecimento (a 22°C) e é conduzida no

separador A1 com uma pressão regulada. Outra redução de pressão se dá no separador de 4,5 bar para a pressão normal. Esta redução causa uma dissolução do CO₂ ainda ligado quimicamente, com o que é obtido o maior grau de pureza possível da solução de lavagem. A mistura de gás (CO₂ e compostos sulfúricos) que saem à cabeça do separador A1 é removida via tubagem 9.

A mistura de gases composta por dióxido de carbono, água e compostos sulfúricos é removida à cabeça dos dispositivos de expansão flash F1 e F2 via tubagem 6 como vapor, é conduzida através do permutador de calor W1 e usada como meio de transferência de calor para o aquecimento da solução de lavagem contaminada e sendo arrefecida ao mesmo tempo a uma temperatura de aproximadamente 60 °C, seguidamente, a mistura de gás é arrefecida à temperatura normal (aproximadamente 25 °C) no permutador de calor a jusante W6 por meio de água de arrefecimento e conduzida no separador A2. A água condensada é conduzida de maneira dosificada via tubagem 7 para o separador A1 e é misturada com a solução de lavagem completamente purificada que já está no separador. O fluxo de gás composto por dióxido de carbono e compostos sulfúricos é removido via tubagem 8. A pressão de funcionamento no separador A2 corresponde aproximadamente à pressão no dispositivo de expansão flash F1 (aproximadamente 4,5 bar).

A solução de lavagem completamente purificada (9 m³/h) obtida no separador A1, que está livre de CO₂ e compostos sulfúricos, é alimentada por meio da bomba P4 via tubagem 4 à depuradora de gás da instalação de tratamento do biogás. Na tubagem 4 o valor do pH da solução de lavagem purificada é monitorizado e se necessário a quantidade de água condensada alimentada via tubagem 7 é ajustada.

Devido à grande capacidade de carga da solução de lavagem que contém aminas, o processo de lavagem pode ser levado a cabo com uma performance específica notavelmente mais alto quando

comparada com o modo do procedimento conhecido. Consequentemente, para o processo de lavagem é necessário quantidades de detergente específicas mais pequenas. Devido a que os hidrocarbonetos (metano contido no biogás) só se dissolvem no detergente de forma condicionada, com o uso de quantidades de detergente mais pequenas quantidades mais pequenas de hidrocarbonetos são dissolvidas, de forma que o biogás purificado contém um teor de metano mais alto.

A solução proposta para a regeneração da solução de lavagem contaminada caracteriza-se também por um modo de funcionamento energeticamente eficiente, devido a que só os permutadores de calor W3, W4 e W7 devem ser aquecidos como meio de transferência de calor por meio de óleo térmico alimentado de forma externa, usando o permutador de calor W3 geralmente só durante a fase de arranque. O óleo térmico é alimentado e extraído via tubagens 5. Os permutadores de calor W1 e W2 são aquecidos por meio de vapores quentes formados no processo ou pela solução de lavagem purificada. Adicionalmente a água quente é produzida pela recuperação de calor nos permutadores de calor W5 e W6, a qual pode ser usada para outro fim, por exemplo como meio de troca de calor no tratamento do biogás. A água de arrefecimento é alimentada e extraída como água quente via tubagens 10.

Os fluxos de gás (CO_2 e compostos sulfúricos) são extraídos via tubagens 8 e 9 e usados para outros fins.

REIVINDICAÇÕES

1. Procedimento para a regeneração de uma solução de lavagem que contém aminas obtida durante a purificação de gases, na qual o CO₂ e compostos sulfúricos estão ligados quimicamente, onde a solução de lavagem contaminada é aquecida em várias fases a respectivamente uma temperatura mais alta e portanto as impurezas são removidas da solução de lavagem, e a solução de lavagem purificada é arrefecida mediante a recuperação de calor, caracterizado por

a) a solução de lavagem contaminada ser aquecida a uma temperatura de pelo menos 110 °C e comprimida a uma pressão de pelo menos 4 bar e subsequentemente expandida numa primeira fase de expansão onde a maior proporção de CO₂ e compostos sulfúricos são removidos como fluxo de gás da solução de lavagem,

b) a solução de lavagem removida ser aquecida a uma temperatura de pelo menos 130 °C e comprimida a uma pressão de pelo menos 4 bar e numa segunda fase de expansão expandida a uma pressão, que é pelo menos 0,5 bar mais alta do que a pressão de expansão da primeira fase de expansão, onde a maior proporção de CO₂ e compostos sulfúricos ainda presente removidos como fluxo de gás da solução de lavagem,

c) a solução de lavagem removida da segunda fase de expansão ser arrefecida a uma temperatura abaixo de 70 °C e expandida à pressão normal numa terceira fase de expansão, onde as quantidades residuais de CO₂ solúvel ainda presentes removidas e este fluxo parcial arrefecido à temperatura normal como solução de lavagem completamente purificada, e

d) a solução de lavagem removida depois da primeira fase de expansão e/ou da segunda fase de expansão ser/serem dividido(s) em dois fluxos parciais, onde um fluxo parcial é reconduzido no circuito para a correspondente fase de expansão e a sua

temperatura e pressão ajustada às condições da fase de expansão correspondente, onde durante a expansão quantidades residuais ainda presentes de compostos sulfúricos são removidas deste fluxo parcial e o outro fluxo parcial é ainda processado de acordo com a fase de procedimento b) ou c).

2. Procedimento de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a mistura de gás composta por dióxido de carbono, água e compostos sulfúricos removida como vapor nas fases de expansão de acordo com as fases do processo a) e b) ser utilizada como meio de transferência de calor para o aquecimento da solução de lavagem contaminada e ser arrefecida à temperatura normal.

3. Procedimento de acordo com uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado por a partir da mistura de gases arrefecida à temperatura normal (vapor), a água condensada ser removida e ser misturada em quantidade dosificada com a solução de lavagem completamente purificada.

4. Procedimento de acordo com uma das reivindicações de 1 a 3, caracterizado por a solução de lavagem contaminada ser comprimida antes da expansão a uma pressão de entre 6 e 12 bar e expandida durante a expansão a uma pressão de entre 1 e 8 bar.

5. Procedimento de acordo com uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado por expansão flash ser realizada nas fases de expansão, de acordo com as fases do processo a) e b).

6. Procedimento de acordo uma das reivindicações de 1 a 5, caracterizado por a solução de lavagem purificada obtida na segunda fase de expansão ser usada como meio de transferência de calor para o aquecimento da solução de lavagem contaminada.

7. Procedimento de acordo com uma das reivindicações de 1 a 6, caracterizado por pelo menos o fluxo de gás removido da primeira

e da segunda fase de expansão ser dessulfurizado num dispositivo de dessulfuração a jusante.

8. Procedimento de acordo com uma das reivindicações de 1 a 7, caracterizado por a solução de lavagem ser submetida a um tratamento por ultra-sons durante a primeira fase de expansão.

9. Procedimento de acordo com uma das reivindicações de 1 a 8, caracterizado por o pH da solução de lavagem purificada ser medido e servir como variável de controlo para ajustar a temperatura da solução de lavagem contaminada nas fases de expansão.

10. Procedimento de acordo com uma das reivindicações de 1 a 9, caracterizado por numa fase de expansão o rácio entre a quantidade alimentada do fluxo parcial reconduzido à respectiva fase de expansão e a quantidade alimentada da solução de lavagem contaminada alimentada ser de 0,2 para 5.

11. Instalação para a realização do procedimento de acordo com pelo menos uma das reivindicações anteriores, caracterizada por a tubagem de circulação (1, 2, 3, 3a, 4) para a condução da solução de lavagem ser planeada, com uma primeira bomba (P1), pelo menos um permutador de calor (W1, W2, W3), pelo menos dois dispositivos de expansão (F1, F2) conectados em série a um primeiro separador (A1) integrado na dita tubagem de circulação na direcção do fluxo, com uma segunda bomba (P2) e o permutador de calor (W4) a jusante disposto entre os dois dispositivos de expansão (F1, F2) com um circuito fechado (3b) integrado no circuito de circulação (3) a jusante de pelo menos um dos dispositivos de expansão (F2) e conectado ao dispositivo de expansão (F2) para a remoção de uma quantidade parcial da solução de lavagem purificada do circuito e com uma terceira bomba (P3) e um permutador de calor (W7) integrado no circuito fechado (3a).

12. Instalação de acordo com a reivindicação 11, caracterizado por uma tubagem (6) para a remoção dos vapores estar disposta à cabeça dos dispositivos de expansão (F1, F2), estando dita tubagem conectada a um segundo separador (A2) para a remoção da água condensada, onde pelo menos um permutador de calor (W1, W6) para o arrefecimento dos vapores está integrado nesta tubagem e o dito segundo separador estar conectado ao primeiro separador (A1) via uma tubagem (7) para a condução da água condensada.

13. Instalação de acordo com uma das reivindicações 11 ou 12, caracterizada por os três permutadores de calor (W1, W2, W3) conectados em série para o aquecimento gradual da solução de lavagem contaminada à temperatura de funcionamento necessária estarem dispostos a montante do primeiro dispositivo de expansão (F1), onde o primeiro permutador de calor (W1) integrado na tubagem (6) da condução de vapor e o segundo permutador de calor (W2) integrado na tubagem (3a) da condução da solução de lavagem purificada quente, e o terceiro permutador de calor (W3) capaz de ser aquecido por meio de transferência de calor externo e de ser ligado intermitentemente.

Lisboa, 16 de Julho de 2012

REFERÊNCIAS CITADAS NA DESCRIÇÃO

Esta lista de referências citadas pelo Titular tem como único objectivo ajudar o leitor e não forma parte do documento de patente europeia. Ainda que na sua elaboração se tenha tido o máximo cuidado, não se podem excluir erros ou omissões e a EPO não assume qualquer responsabilidade a este respeito.

Documentos de Pedidos de Patente citadas na descrição

- DE102005051952 B3
- WO 2005044355 A
- WO 2004052511 A

REIVINDICAÇÕES

1. Procedimento para a regeneração de uma solução de lavagem que contém aminas obtida durante a purificação de gases, na qual o CO₂ e compostos sulfúricos estão ligados quimicamente, onde a solução de lavagem contaminada é aquecida em várias fases a respectivamente uma temperatura mais alta e portanto as impurezas são removidas da solução de lavagem, e a solução de lavagem purificada é arrefecida mediante a recuperação de calor, caracterizado por

a) a solução de lavagem contaminada ser aquecida a uma temperatura de pelo menos 110 °C e comprimida a uma pressão de pelo menos 4 bar e subsequentemente expandida numa primeira fase de expansão onde a maior proporção de CO₂ e compostos sulfúricos são removidos como fluxo de gás da solução de lavagem,

b) a solução de lavagem removida ser aquecida a uma temperatura de pelo menos 130 °C e comprimida a uma pressão de pelo menos 4 bar e numa segunda fase de expansão expandida a uma pressão, que é pelo menos 0,5 bar mais alta do que a pressão de expansão da primeira fase de expansão, onde a maior proporção de CO₂ e compostos sulfúricos ainda presente removidos como fluxo de gás da solução de lavagem,

c) a solução de lavagem removida da segunda fase de expansão ser arrefecida a uma temperatura abaixo de 70 °C e expandida à pressão normal numa terceira fase de expansão, onde as quantidades residuais de CO₂ solúvel ainda presentes removidas e este fluxo parcial arrefecido à temperatura normal como solução de lavagem completamente purificada, e

d) a solução de lavagem removida depois da primeira fase de expansão e/ou da segunda fase de expansão ser/serem dividido(s) em dois fluxos parciais, onde um fluxo parcial é reconduzido no circuito para a correspondente fase de expansão e a sua

temperatura e pressão ajustada às condições da fase de expansão correspondente, onde durante a expansão quantidades residuais ainda presentes de compostos sulfúricos são removidas deste fluxo parcial e o outro fluxo parcial é ainda processado de acordo com a fase de procedimento b) ou c).

2. Procedimento de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a mistura de gás composta por dióxido de carbono, água e compostos sulfúricos removida como vapor nas fases de expansão de acordo com as fases do processo a) e b) ser utilizada como meio de transferência de calor para o aquecimento da solução de lavagem contaminada e ser arrefecida à temperatura normal.

3. Procedimento de acordo com uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado por a partir da mistura de gases arrefecida à temperatura normal (vapor), a água condensada ser removida e ser misturada em quantidade dosificada com a solução de lavagem completamente purificada.

4. Procedimento de acordo com uma das reivindicações de 1 a 3, caracterizado por a solução de lavagem contaminada ser comprimida antes da expansão a uma pressão de entre 6 e 12 bar e expandida durante a expansão a uma pressão de entre 1 e 8 bar.

5. Procedimento de acordo com uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado por expansão flash ser realizada nas fases de expansão, de acordo com as fases do processo a) e b).

6. Procedimento de acordo uma das reivindicações de 1 a 5, caracterizado por a solução de lavagem purificada obtida na segunda fase de expansão ser usada como meio de transferência de calor para o aquecimento da solução de lavagem contaminada.

7. Procedimento de acordo com uma das reivindicações de 1 a 6, caracterizado por pelo menos o fluxo de gás removido da primeira

e da segunda fase de expansão ser dessulfurizado num dispositivo de dessulfuração a jusante.

8. Procedimento de acordo com uma das reivindicações de 1 a 7, caracterizado por a solução de lavagem ser submetida a um tratamento por ultra-sons durante a primeira fase de expansão.

9. Procedimento de acordo com uma das reivindicações de 1 a 8, caracterizado por o pH da solução de lavagem purificada ser medido e servir como variável de controlo para ajustar a temperatura da solução de lavagem contaminada nas fases de expansão.

10. Procedimento de acordo com uma das reivindicações de 1 a 9, caracterizado por numa fase de expansão o rácio entre a quantidade alimentada do fluxo parcial reconduzido à respectiva fase de expansão e a quantidade alimentada da solução de lavagem contaminada alimentada ser de 0,2 para 5.

11. Instalação para a realização do procedimento de acordo com pelo menos uma das reivindicações anteriores, caracterizada por a tubagem de circulação (1, 2, 3, 3a, 4) para a condução da solução de lavagem ser planeada, com uma primeira bomba (P1), pelo menos um permutador de calor (W1, W2, W3), pelo menos dois dispositivos de expansão (F1, F2) conectados em série a um primeiro separador (A1) integrado na dita tubagem de circulação na direcção do fluxo, com uma segunda bomba (P2) e o permutador de calor (W4) a jusante disposto entre os dois dispositivos de expansão (F1, F2) com um circuito fechado (3b) integrado no circuito de circulação (3) a jusante de pelo menos um dos dispositivos de expansão (F2) e conectado ao dispositivo de expansão (F2) para a remoção de uma quantidade parcial da solução de lavagem purificada do circuito e com uma terceira bomba (P3) e um permutador de calor (W7) integrado no circuito fechado (3a).

12. Instalação de acordo com a reivindicação 11, caracterizado por uma tubagem (6) para a remoção dos vapores estar disposta à cabeça dos dispositivos de expansão (F1, F2), estando dita tubagem conectada a um segundo separador (A2) para a remoção da água condensada, onde pelo menos um permutador de calor (W1, W6) para o arrefecimento dos vapores está integrado nesta tubagem e o dito segundo separador estar conectado ao primeiro separador (A1) via uma tubagem (7) para a condução da água condensada.

13. Instalação de acordo com uma das reivindicações 11 ou 12, caracterizada por os três permutadores de calor (W1, W2, W3) conectados em série para o aquecimento gradual da solução de lavagem contaminada à temperatura de funcionamento necessária estarem dispostos a montante do primeiro dispositivo de expansão (F1), onde o primeiro permutador de calor (W1) integrado na tubagem (6) da condução de vapor e o segundo permutador de calor (W2) integrado na tubagem (3a) da condução da solução de lavagem purificada quente, e o terceiro permutador de calor (W3) capaz de ser aquecido por meio de transferência de calor externo e de ser ligado intermitentemente.

Lisboa, 16 de Julho de 2012

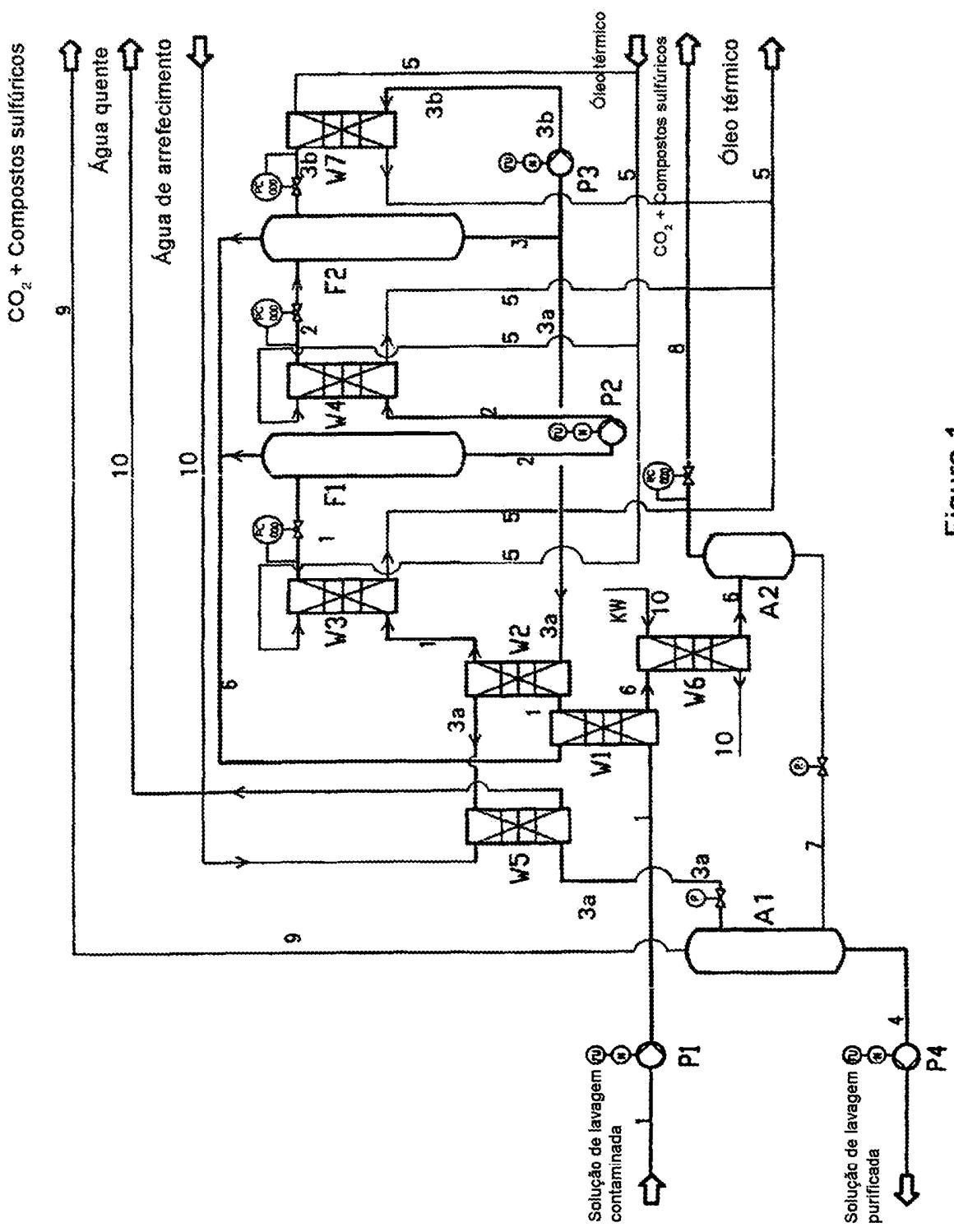


Figura 1