

6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

Remoção de H₂S do Gás Natural em Coluna de Recheio.

AUTORES:

CHARLES RAJIV CAVALCANTE DO LAGO

LUIZ FERREIRA DA SILVA FILHO

EDUARDO LINS DE BARROS NETO

AFONSO AVELINO DANTAS NETO

INSTITUIÇÃO:

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 6º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 6º PDPETRO, realizado pela a Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 09 a 13 de outubro de 2011, em Florianópolis-SC. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os

6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 6ºDPETRO.

REMOÇÃO DO H₂S DO GÁS NATURAL EM COLUNA DE RECHEIO

Abstract

Due to the damage that the presence of hydrogen sulfide, H₂S, generates in processing facilities and transportation of natural gas to its removal is extremely importance because it minimizes the maintenance costs of equipment and pipes, and to permit the taking of a natural gas burns cleaner, which does not generate by-products toxic chemicals that harm the environment, this being one of the main problems faced in existing desulfurization processes, since the products generated by the absorbers are difficult to process and require a strict control on storage and disposal. As H₂S and its products of combustion, SO₂ and SO₃, and are toxic at high concentrations can lead to death and / or production of acid rain. environmental gains, and economic security are factors that support the quest for the ideal process for their removal. The process of absorption with chemical reaction in packed column greatly improves the mass transfer of liquid / gas. A solution will be used aqueous potassium permanganate, KMnO₄, in a column packed with Raschig rings conditions and stagnant solution in counter, we intend to develop a model mathematics that describes the process as well as determine the essential parameters for best operating conditions.

Introdução

O gás natural é uma fonte energética composta por hidrocarbonetos leves, o qual pode está associado ou não ao petróleo. Sua utilização como fonte energética foi amplamente empregada durante o século XIX, porém, teve um declínio devido às novas fontes energéticas, como o petróleo e seus derivados e a geração de eletricidade por hidrelétricas. No entanto, sua aplicação industrial têm se tornado cada vez mais significativa, pois a preocupação com a disponibilidade do petróleo e o meio ambiente, fez com que certas atividades que, antes baseadas no consumo de petróleo e carvão mineral, utilizassem o gás natural por apresentar uma combustão mais limpa, um grande número de reservas ainda não exploradas e um baixo custo. As siderúrgicas, a indústria de fertilizantes e de cerâmicas são grandes consumidores de gás natural, assim como veículos que utilizam o GNV (Gás Natural Veicular) e termoeletricas, que podem gerar grande quantidade de eletricidade utilizando-o na produção de vapor para turbinas.

O gás sempre apresenta uma fração, relativamente pequena, de contaminantes, os principais são: H₂O, NO_x, CO₂ e o H₂S, que causam problemas operacionais, pois, além de serem uma carga extra a ser bombeada, podem corroer as instalações, gerar problemas ambientais e intoxicação de operários. Por isso, o gás natural passa por vários processos de descontaminação. Quando a produção é em mar (*offshore*), o gás natural é previamente tratado para diminuir a quantidade de impurezas, após esse tratamento primário, ele é levado a uma UPGN (Unidade de processamento de gás natural) onde passa por vários processos com o intuito de retirar os diversos contaminantes, sendo uma dessas etapas a UD (unidade de dessulfurização).

A absorção é o processo no qual ocorre transferência de um ou mais componentes em fase gasosa para uma fase líquida, ela pode ocorrer por simples interação física ou com reação química, a absorção física está sempre presente, variando em função da solubilidade entre as fases, já a absorção com reação química pode ser reversível ou irreversível, dependendo da interação química entre o absorvato e o absorvente, contaminante e o reagente, respectivamente. O processo de absorção pode ser feito em colunas de recheio, que são estruturas cilíndricas preenchidas com materiais inertes para aumentar a área de contato entre

as fases, ex. anéis de Raschig. As colunas de recheio podem operar com a fase líquida estagnada ou em contracorrente, sendo o processo em contracorrente o que apresenta maior interação entre as fases, facilitando a transferência de massa e conseqüentemente melhor eficiência de absorção.

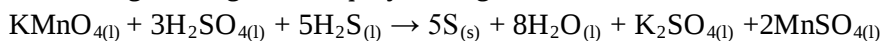
A remoção desses contaminantes é de grande importância para se obter um gás com combustão extremamente limpa e eficiente, evitando danos ao meio ambiente e a instalações industriais. Vários processos para descontaminação do gás são utilizados; absorção físico-química, adsorção, *sulfatreat* ou membranas permeáveis. Todos esses consomem muita energia ou geram perdas de carga elevadas, além de produzirem resíduos tóxicos que agredem o meio ambiente. O desenvolvimento de processos com menor custo, melhor eficiência e que gerem produtos aos quais se possam agregar valor e que não agredam o meio ambiente é o rumo que vários pesquisadores seguem para aperfeiçoar o processamento do gás natural.

Metodologia

A primeira etapa do projeto foi o desenvolvimento da aparelhagem experimental, que consisti no sistema de circulação da fase líquida, coluna de recheio, injeção de gás e análise de dados. O sistema de circulação é composto por uma bomba centrífuga, um recipiente, conexões e tubulações para condução do líquido, a coluna de recheio é uma estrutura cilíndrica com 56 cm de altura e 6 cm de diâmetro interno, na qual foram acoplados, nas extremidades, dois distribuidores de fluxo e foi preenchida com anéis de Raschig de vidro de 0,7 cm de diâmetro, para aumentar a área de contato entre as fases e evitar a formação de espuma durante a passagem do gás. A injeção de gás será feita através de um cilindro contendo gás natural, duas válvulas para controle da vazão e um fluxímetro digital. O sistema de análise de dados é composto pelo analisador de gás *GreenLine 8000 Eurotron* acoplado a um computador para armazenamento e tratamento dos dados, utilizando o software do próprio analisador.

Foram feitos ensaios com água e ar, a fim de coletar dados hidrodinâmicos da aparelhagem experimental, tais como *holdup* do gás, vazão de líquido e de gás e vazão de inundação. No sistema de circulação de líquido foi montado um *bypass* para diminuir a vazão fornecida pela bomba, fazendo com que parte do fluxo retorne ao recipiente. A determinação do *holdup* foi feita segundo o método de drenagem, no qual a coluna é completamente cheia com água e mantém-se o nível constante por meio das válvulas do *bypass*, em seguida, abri-se a válvula do gás para que este atravesse a coluna, após 3 minutos as válvulas são fechadas e o líquido restante na coluna é coletado. Este procedimento foi realizado com a coluna com e sem recheio. A razão entre o volume coletado e o volume total da coluna fornece o *holdup do líquido* para a vazão de gás utilizada.

O processo de remoção do sulfeto de hidrogênio, H_2S , do gás natural será realizado em contracorrente na coluna recheada com os anéis de Raschig. O absorvente será uma solução aquosa de permanganato de potássio e ácido sulfúrico, $KMnO_4$ e H_2SO_4 , respectivamente, reagindo segundo a equação a seguir:



O gás contém 100 ppm de H_2S , ele será injetado na base da coluna enquanto que o líquido será injetado na parte superior. O gás sai pelo topo e a solução retorna ao recipiente pela base da coluna, na saída do gás, será acoplada uma sonda que conduzirá o gás ao analisador, o qual indicará a concentração de H_2S remanescente no gás.

Resultados e Discussão

Os dados obtidos com água e ar foram utilizados para determinar a melhor configuração dos equipamentos, como posição das válvulas, vazão de gás mínima de borbulhamento, volume efetivo da coluna e tipo de recheio.

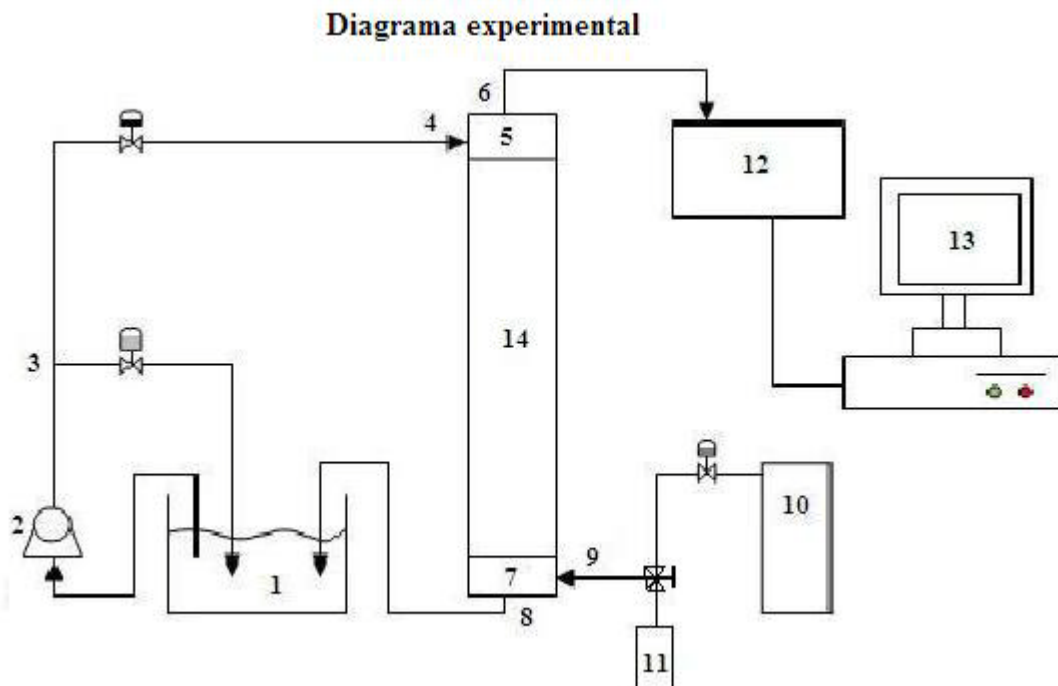


Figura 1: 1 – recipiente com líquido (água ou absorvente), 2 – bomba, 3 – *bypass*, 4 – entrada de líquido, 5 – dispersor de líquido, 6 saída de gás, 7 – dispersor de gás, 8 – saída de líquido, 9 – entrada de gás, 10 – cilindro de gás, 11 – fluxímetro, 12 – analisador de gás,

A montagem dos equipamentos ficou como mostrado na figura 1, o *bypass* foi instalado para diminuir a vazão de líquido para dentro da coluna, pois a bomba fornece uma vazão de 75 mL/s enquanto que a vazão requerida para manter o nível constante está na faixa de 5 a 10 mL/s, variando em função da altura do líquido na coluna. Foram utilizadas duas válvulas para controlar a vazão, uma do tipo esfera e a outra do tipo agulha, a do tipo esfera foi instalada na tubulação que retorna ao recipiente e a do tipo agulha na tubulação que leva a entrada de líquido na coluna, pois esta permite um controle mais sensível da vazão e apresenta um tempo de resposta mais rápido e efetivo que a válvula tipo esfera.

A vazão de gás mínima que consegue superar a pressão hidrostática na coluna e iniciar o borbulhamento, com a coluna totalmente cheia, é de 11,90 mL/s. Até o momento foram coletados os dados apresentados nos gráficos 1 e 2, mostrando o comportamento do *holdup* de líquido com e sem recheio.

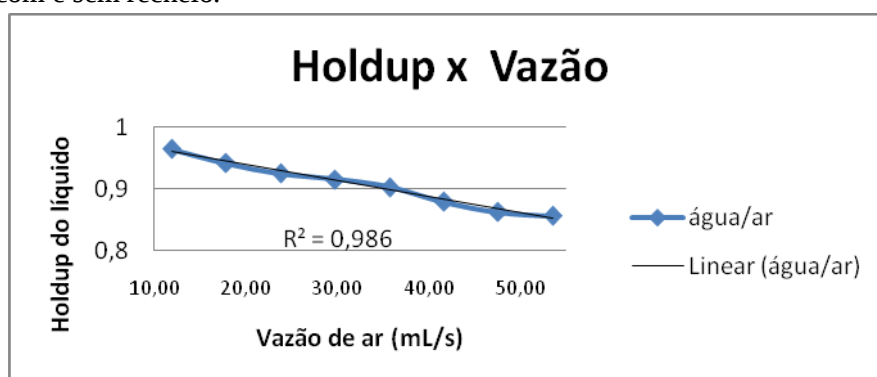


Gráfico 1. Holdup do líquido em função da vazão de ar, coluna sem recheio.

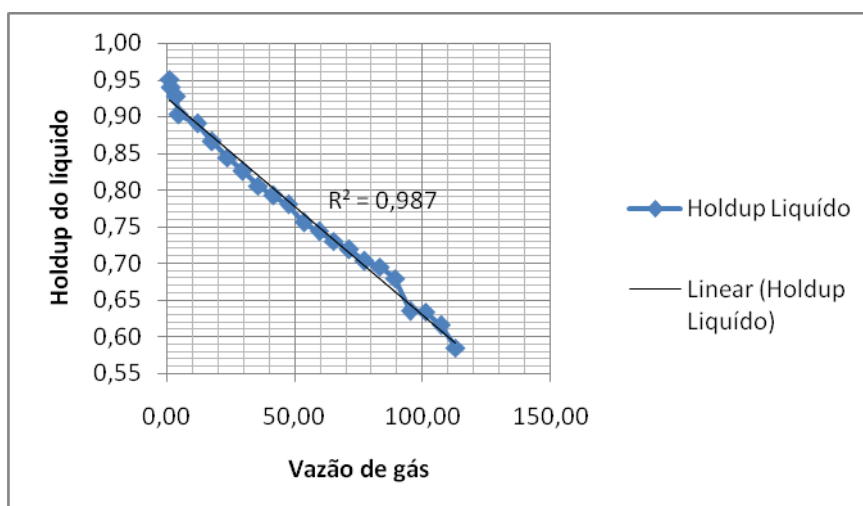


Gráfico 2. Holdup do líquido em função da vazão de ar, coluna com recheio.

Conclusões

O aparato experimental para a operação em contracorrente foi definido e montado, os dados obtidos são coerentes com os da literatura, ver Muzen e Cassanello (2005). Os dados de *holdup*, vazão de imundação e alguns parâmetros presentes em modelos de absorção, como os coeficientes de transferência de massa, serão determinados com maior precisão para que possam ser empregados no modelo que será desenvolvido para a absorção do H_2S pela solução de permanganato de potássio, $KMnO_4$.

Agradecimentos

A ANP, ao NUPEG e a UFRN pelo apoio intelectual, financeiro e material.

Referências Bibliográficas

- KOHL, A. L., NIELSEN, R. B. **Gas Purification**. Houston, TX, USA: Gulf Pub. Co. 5ª Ed. 1997.
- ROUSSEAU, R. W. **Handbook of Separation Process Technology**. Georgia, USA: John Wiley & Sons. 1987.
- MCCABE, W. L., SMITH, J. C., HARRIOTT, P. **Unit Operations of chemical engineering**. USA. McGraw-Hill 5ª Ed. 1993.
- MCCABE, W. L., SMITH, J. C., HARRIOTT, P. **Operaciones unitarias en ingeniería química**. Espanha. McGraw-Hill 4ª Ed. 1991.

- SILVA FILHO, L. F. **Avaliação da remoção de sulfeto de hidrogênio do gás natural em uma coluna de absorção.** Natal, RN. Dissertação de Mestrado, UFRN, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. 2009.
- MUZEN, A. CASSANELLO, M. C. **Liquid holdup in cloumns packed with structured packings: countercurrents vs. concurrent operation.** Buenos Aires, Argentina. Chemical Engineering Science. 2005.
- THERNING, P. RASMUSON, A. **Liquid dispersion, gas holdup and frictional pressure drop in a packed bubble column at elevated pressures.** Göteborg, Suécia. Chemical Engineering Journal. 2000.
- LOPES, F. W. B. **Dessulfurização do gás natural utilizando sistemas microemulsionados.** Natal, RN. Dissertação de mestrado, UFRN, Programa de pós-graduação em engenharia química. 2003.