

PQI 3501 – Síntese e Projeto de Processos

Produção de amônia verde

Informações complementares 01/21

ELETRÓLISE DA ÁGUA

Os dados ainda não estão disponíveis, mas conta-se obter uma eficiência de corrente superior a 80%.

SEPARAÇÃO DO AR

Considerar que o ar tem a seguinte composição em base seca:

Nitrogênio 78.08%

Oxigênio 20.95%

Argônio 0.93%

Dióxido de Carbono 0.04%

PRODUÇÃO DE AMÔNIA

Reação Química

A reação principal na síntese catalítica de amônia é:



A análise do desempenho do catalisador levou à seguinte expressão para a taxa de reação do nitrogênio:

$$-r_{N_2} = k_f \frac{p_{N_2} p_{H_2}^{1.5}}{p_{NH_3}} - k_r \frac{p_{NH_3}}{p_{H_2}^{1.5}} \quad (2)$$

em que k_f e k_r são as constantes de velocidade das reações direta e inversa. As unidades da taxa são kmol/(m³ catalisador h) e a pressão parcial está em bar. As constantes de reação são:

$$k_f = 570,9 \exp \left[-\frac{72340}{RT} \right] \quad (3)$$

$$k_r = 1,78 \times 10^{14} \exp \left[-\frac{170400}{RT} \right] \quad (4)$$

em que a energia de ativação é dada em J/mol, a constante dos gases, em J/(mol K), e a temperatura em K. O catalisador foi promovido com óxido de ferro, sendo constituído por partículas com tamanho de 3 mm, densidade relativa de 2,6 e fração de vazios no empacotamento de 0,44.

Diversos tipos de reatores podem ser considerados neste projeto, tais como um PBR adiabático (ou uma série deles com trocadores de calor intermediários, se necessário) ou um PBR com troca térmica. Deve-se notar que, em ambos os casos, a temperatura ao longo do reator não é constante. No caso do PBR com troca térmica, a temperatura pode ser controlada variando-se a temperatura e a vazão do fluido de troca, a área de transferência de calor e a proporção catalisador/inerte. Nesse caso, o fluido de troca circula em circuito fechado; para retornar ao reator, a temperatura deve ser abaixada ou aumentada em trocador de calor específico (ou em caldeira) antes de retornar ao reator. Sugere-se o uso de Dowtherm A como fluido de troca.

Projeto dos equipamentos de separação

Deve-se determinar o número de colunas necessárias, sua sequência e todas as informações necessárias para determinar o custo de cada coluna. A coluna de destilação de purificação de amônia deve ser projetada em detalhe, o que significa determinar não somente o número de pratos e a razão de refluxo, mas também, no caso de uma coluna de pratos, o espaçamento entre os pratos, o diâmetro da coluna, as especificações de pressão no topo e no fundo, além do projeto de equipamentos auxiliares (trocadores de calor, bomba, tambor de refluxo, se necessário). Caso a coluna seja de recheio, o projeto deve incluir a altura, a especificação do recheio e todas as outras especificações pertinentes (similamente às torres de pratos). Para todas as colunas neste projeto pode-se adotar HETP = 0,6 m. Para a coluna de purificação de amônia, a melhor opção (em termos econômicos) entre a torre de pratos e de recheio deve ser determinada.

É importante observar que uma coluna compreende um vaso, com pratos ou recheio. De modo geral, o vaso deve ter uma razão altura/diâmetro menor do que 20, mas é possível aumentar essa razão até 30 se a coluna tiver diâmetro inferior a 1,0 m. Entretanto, para

qualquer coluna com razão altura/diâmetro superior a 20 (mesmo para diâmetros menores), apoios extras são necessários, de modo que se deve considerar que o custo do vaso é 25% maior para razões entre 20 e 25, e 100% maior para razões entre 25 e 30.

Devem-se escolher as pressões de operação de cada coluna conforme restrições de temperatura e das utilidades disponíveis. Em colunas que operam sob vácuo a queda de pressão torna-se uma grande preocupação. Neste caso, como alternativa a colunas de pratos, colunas de recheio com recheios estruturados específicos para essa situação podem ser usadas.