

CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO DE UM REATOR DE MICROCANAIS PARA PRODUÇÃO DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO POR SÍNTESE DIRETA

Lorena Cadan (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Isabella Barros Souza, Daiane Marques de Oliveira (Coorientadora), Marcelino Luiz Gimenes (Orientador), e-mail: lorenacadan@gmail.com

Universidade Estadual de Maringá (UEM) / Centro de Tecnologia/Maringá, PR.

Área: Engenharias; Subárea: Engenharia Química

Palavras-chave: microrreator, síntese direta, H_2O_2 .

Resumo:

Existem diversas aplicações para o peróxido de hidrogênio, porém para a produção do mesmo, o método mais utilizado atualmente tem como precursor a antraquinona, uma substância tóxica. Uma das possibilidades de sua produção que não faz uso desse composto é a síntese direta, que por sua vez, pode ser explosiva pelo contato dos gases hidrogênio e oxigênio. Um modo de se evitar a explosão é conduzir a síntese direta do peróxido de hidrogênio em microrreatores. Assim, este trabalho visa, com base na literatura, propor um protótipo do microrreator para a produção de peróxido de hidrogênio por síntese direta.

Introdução

O peróxido de hidrogênio tem várias aplicações e, atualmente, é produzido pelo processo de auto-oxidação da antraquinona, uma substância tóxica (AO - anthraquinone autoxidation). Um método alternativo de produção de H_2O_2 é a síntese direta, descrita pela Reação 1 (INOUE *et al.*, 2015). Contudo, a mistura dos gases H_2 e O_2 é altamente explosiva, além de que são necessárias altas pressões para promover a transferência de massa da fase gasosa para a líquida (INOUE; SCHMIDT; JENSEN, 2007).



Uma alternativa viável para a produção em pequena escala e na quantidade demandada de H_2O_2 é a realização da síntese direta em reatores de microcanais, estes com dimensões de ordem de dezenas a centenas de micrômetros de largura por poucos centímetros de comprimento. Os microrreatores, ou reatores microestruturados, permitem um controle mais preciso das condições operacionais, visto que têm alta área superficial específica, além de maior segurança e portabilidade (BELUCI; DE SOUZA; DE MORAES, 2016). A atividade catalítica tem sido introduzida nos reatores de microcanais pela incorporação de metais nobres, como a platina, suportados em zeólitas, já que elas têm capacidade de desenvolver filmes em uma variedade de superfícies. Ademais, as zeólitas facilitam uma distribuição homogênea dos sítios ativos do metal por terem estrutura microporosa e

capacidade de troca iônica (DE LA IGLESIA *et al.*, 2007). Visando contribuir para o desenvolvimento de microrreatores para a produção de H_2O_2 por síntese direta, este trabalho teve por objetivo definir o material de construção e propor uma configuração para um microrreator que pudesse ser construído nos laboratórios do DEQ/UEM.

Revisão Bibliográfica

O processo produtivo do H_2O_2 mais utilizado atualmente é o AO, processo esse que além de utilizar a antraquinona que é tóxico, para que seja rentável, é necessário que o H_2O_2 seja produzido em grande escala e em altas concentrações (na faixa de 70 %), gerando custo extra relacionado à diluição do produto concentrado, pois muitos consumidores finais usam o peróxido de hidrogênio com concentrações que variam entre de 0,5 a 10 % (VOLOSHIN; HALDER; LAVAL, 2007).

A melhor opção de produção verde para esse componente, seria a síntese direta, isto é, a reação direta de H_2 com O_2 , porém a mistura desses gases é potencialmente explosiva para concentrações de hidrogênio em oxigênio entre 5 % a 94 % (volume/volume) e de 4 % a 75 % de hidrogênio em ar (volume/volume) sob condições normais de temperatura e pressão (JANICKE *et al.*, 2000).

Para baixas concentrações de hidrogênio, altas pressões de operação são necessárias para aumentar a solubilidade do hidrogênio em água. Isto implica em aumento nos custos de equipamentos e de operação (VOLOSHIN; LAVAL, 2010).

Para sanar as desvantagens do método AO e o risco de explosões da síntese direta pode-se trabalhar com a síntese direta em um reator de microcanais. No qual, a dimensão característica dos espaços vazios é menor do que o *quenching* (a distância de ignição crítica) dos radicais de hidrogênio e oxigênio (VOLOSHIN; LAVAL, 2010). Distância essa que, segundo Janicke *et al.*, (2000), é a mínima exigida para que não haja uma reação em cadeia envolvendo os radicais de hidrogênio e oxigênio e que causa a explosão. Ainda, de acordo com esse trabalho, entende-se que a reação de síntese direta deve ocorrer em um microcanal em que a distância *quenching* para o hidrogênio seja menor que 1000 μm (JANICKE *et al.*, 2000). Porém, no trabalho de Voloshin & Lawal (2010) para a obtenção da velocidade cinética global da reação de síntese direta para a produção do peróxido de hidrogênio, segundo os autores, nas condições operacionais usadas, a distância *quenching* estava limitada à 500 μm .

Como a reação direta entre H_2 e O_2 é altamente exotérmica, além da definição segura das dimensões dos microcanais, há a necessidade de garantir uma eficiente troca térmica para a refrigeração do meio reacional de modo a evitar a explosão do equipamento. Para isso, a escolha adequada do material de construção do reator de microcanais é imprescindível (BELUCI; DE SOUZA; DE MORAES, 2016).

Metodologia

Projeto do microrreator

A partir da revisão bibliográfica e dos debates no grupo de pesquisa, determinou-se o material de construção dos microcanais e propôs-se o projeto de um microrreator passível de construção na oficina e nos laboratórios do DEQ/UEM.

Resultados e Discussão

Considerando as características do equipamento, em função das condições operacionais exigidas para a condução da reação da síntese direta, o aço inoxidável foi escolhido como sendo o material para a confecção do microrreator, especificamente os microcanais. A escolha desse material foi baseada no fato dele suportar altas temperaturas e pressões, além de possuir elevada condutividade térmica.

O dimensionamento dos microcanais foi definido com base nas informações sobre a distância crítica de ignição (JANICKE et al., 2000; VOLOSHIN & LAWAL, 2010) e no trabalho de Inoue et al. (2007), porém na configuração semelhante à de um trocador de calor casco e tubo, com o intuito de facilitar a troca térmica e de garantir a manutenção da temperatura adequada de operação. Deste modo, foi proposto um microrreator dimensionado para ter 10 microcanais de 20 mm de comprimento e 730 μm de diâmetro interno cada, espaçados de 25 μm entre si, com configuração do equipamento semelhante à de um trocador de calor casco e tubo de único passe, como mostra a Figura 1. Dentro dos tubos (microcanais) ocorre a reação de síntese do peróxido de hidrogênio e, no casco, escoia o fluido refrigerante, já que esse processo é exotérmico.

O diâmetro interno do microcanal (730 μm) é adequado para acomodar o catalisador que revestirá a sua superfície interna, além de ser menor que a distância *quenching*, (distância requerida para reações explosivas se propaguem), garantindo assim a segurança da operação.

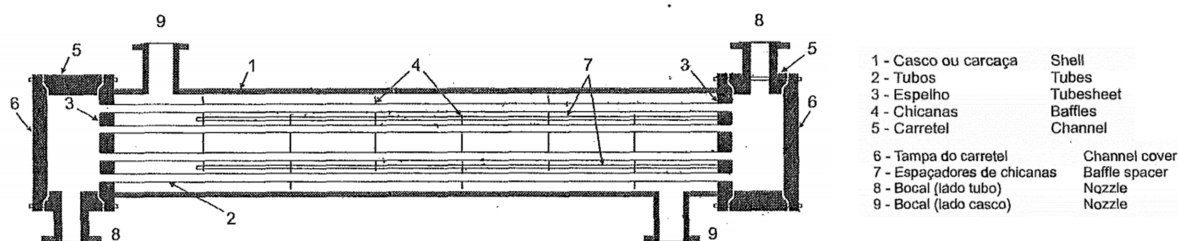


Figura 1 – Trocador de calor tipo casco e tubo, principais partes constituintes e notação.

Fonte: Araújo (2002).

Portanto, foi selecionado um longo capilar de aço inox de 730 μm de diâmetro interno. Este capilar seria cortado em 10 tubos de 20 mm de comprimento, os quais seriam calcinados para a realização o processo de *dip-coating*, a fim de se impregnar o catalisador na superfície interna dos tubos. Com base nas conclusões de Almeida et al. (2010), definiu-se que as partículas do catalisador, depois de confeccionado, deveriam ter distribuição de tamanho abaixo de 10 μm para que o *dip-coating* seja eficiente, bem como para que a lama tenha viscosidade entre 5 e 30 mPa.s. Ainda, a velocidade de mergulho definida foi de 4 cm/min, com submersão

de 2 min dos microcanais na lama, e velocidade de retirada também de 4 cm/min. Caso necessário, o excesso seria eliminado das paredes internas dos capilares com jateamento de ar.

Conclusões

A partir deste trabalho, foi determinado as dimensões dos microcanais e do microrreator, com o entendimento dos motivos dessas dimensões. Ainda, foi escolhido o aço inoxidável como material de confecção do microrreator, e o equipamento foi dimensionado na configuração semelhante à de um trocador de calor casco e tubo. Sugere-se para as próximas etapas, estudar as técnicas para a construção do microrreator e os métodos de selamento adequados para a retenção das moléculas de H₂, além da efetiva construção do módulo reacional.

Agradecimentos

Aos meus pais, pelo apoio, ao professor Marcelino e à Daiane pela orientação e à Fundação Araucária pela bolsa de iniciação científica.

Referências

- ALMEIDA, L. C. *et al.* Washcoating of metallic monoliths and microchannel reactors. **Elsevier B.V.**, v. 175, 2010.
- ARAÚJO, E. C. C. **Trocadores de calor**. São Carlos: EdUFSCar, 2002.
- BELUCI, N. DE C. L.; DE SOUZA, M.; DE MORAES, F. F. Produção do peróxido de hidrogênio em sistemas de microescala. n. October, 2016.
- DE LA IGLESIA, O. *et al.* Preparation of Pt/ZSM-5 films on stainless steel microreactors. **Catalysis Today**, v. 125, n. 1–2, p. 2–10, 2007.
- INOUE, T. *et al.* Direct hydrogen peroxide synthesis using glass microfabricated reactor - Paralleled packed bed operation. **Chemical Engineering Journal**, v. 278, n. January 2021, p. 517–526, 2015.
- INOUE, T.; SCHMIDT, M. A.; JENSEN, K. F. Microfabricated multiphase reactors for the direct synthesis of hydrogen peroxide from hydrogen and oxygen. **Industrial and Engineering Chemistry Research**, v. 46, n. 4, p. 1153–1160, 2007.
- JANICKE, M. T. *et al.* The Controlled Oxidation of Hydrogen from an Explosive Mixture of Gases Using a Microstructured Reactor/Heat Exchanger and Pt/Al₂O₃ Catalyst. **Journal of Catalysis**, v. 191, n. 2, p. 282–293, 2000.
- VOLOSHIN, Y.; HALDER, R.; LAWAL, A. Kinetics of hydrogen peroxide synthesis by direct combination of H₂ and O₂ in a microreactor. **Catalysis Today**, p. 40-47, 2007.
- VOLOSHIN, Y.; LAWAL, A. Overall kinetics of hydrogen peroxide formation by direct combination of H₂ e O₂ in a microreactor. **Chemical Engineering Science**, v. 65, p. 1028-1036, 2010.