FABRICAÇÃO DE REATORES DE MICROCANAIS USANDO CNC

Leandro Calcagni Ferreira (PIC/UEM), Marcos de Souza (Orientador). E-mail: msouza2@uem.br
Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Maringá, PR

Área e subárea do conhecimento: Engenharias / Processos Industriais de Engenharia Química
Palavras-chave: Microrreatores; Usinagem; Microtecnologias

RESUMO

Os microrreatores são dispositivos caracterizados por canais de dimensões micro ou milimétricas que, devido à elevada razão entre área superficial e volume, favorecem a transferência de calor e massa e o controle das condições operacionais, sendo aplicados em sínteses químicas, processos farmacêuticos e na produção de biodiesel. Este trabalho tem como objetivo compreender o funcionamento de uma fresadora CNC e empregar a técnica de microusinagem na fabricação de microrreatores de alumínio, definindo parâmetros de corte ideais para diferentes geometrias, visando viabilizar a futura avaliação dos fenômenos de transporte e a síntese contínua de biodiesel em microescala.. Para tanto, foi realizado um estudo do funcionamento do equipamento e do software de controle bCNC, seguido do desenho de quatro geometrias de microcanais, serpentina vertical, serpentina horizontal, zigue-zague e espiral, no software Autodesk Fusion, todas com dimensões padronizadas. Realizaram-se testes em peças de alumínio para a definição dos parâmetros de corte utilizados no nivelamento, na furação e na usinagem dos microcanais. Usinou-se então definitivamente em duas das geometrias e os resultados obtidos foram satisfatórios, permitindo a determinação de características geométricas de cada protótipo usinado, etapa essencial para viabilizar, em trabalhos futuros, a aplicação prática dos microrreatores em processos químicos contínuos e a avaliação experimental das vantagens da microescala.

INTRODUÇÃO

A tecnologia de microrreatores representa uma alternativa para a intensificação de processos químicos, proporcionando elevada relação de área superficial por unidade de volume (BOJANG; WU, 2020). Essa característica potencializa a transferência de calor e de massa, permitindo um controle térmico eficiente e a redução de gradientes internos de temperatura a valores de 1 a 2 °C (BOJANG; WU, 2020; GOJUN *et al.,* 2019). Tais sistemas mostram-se ideais para a síntese de biocombustíveis, como o biodiesel, no qual estudos experimentais de transesterificação em microcanais demonstram rendimentos superiores a 95% em tempos de residência menores que 60 segundos, superando reatores convencionais de batelada (XIE *et al.,* 2011; TIWARI *et al.,* 2018). Dai *et al.* (2014) comprovaram a eficiência da microescala ao obter rendimento de 99,5% em apenas 14,9 segundos de tempo de residência operando com razão molar metanol/óleo de 8,5:1, concentração de catalisador KOH de 1,17% e temperatura de 59 °C.

Apesar dessas vantagens, a fabricação por técnicas como a fotolitografia possui alto custo e requer infraestrutura especializada, tornando a microusinagem mecânica por fresadoras de Controle Numérico Computadorizado (CNC) uma alternativa de baixo custo, alta reprodutibilidade e rapidez para pesquisas acadêmicas (SURYAWANSHI *et al.,* 2018). Contudo, a rugosidade superficial e as limitações de diâmetro de ferramenta são desafios operacionais relevantes (SURYAWANSHI *et al.,* 2018; BOJANG; WU, 2020).

Este trabalho visa compreender o funcionamento de uma fresadora CNC e empregar a microusinagem para a fabricação de microrreatores metálicos de alumínio, avaliando o comportamento operacional das ferramentas e definindo parâmetros de corte ideais para diferentes geometrias, visando à futura síntese contínua de biodiesel como processo-modelo.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Departamento de Engenharia Química da UEM. Primeiramente, realizou-se a calibração de uma fresadora CNC controlada pelo software bCNC. O desenho tridimensional dos microrreatores e a geração do código G foram realizados no software Autodesk Fusion. Projetou-se quatro protótipos de alumínio com dimensões externas de 60 mm x 40 mm, apresentando microcanais com largura de 1,2 mm e profundidade de 0,9 mm, em geometrias distintas: serpentina vertical, serpentina horizontal, zigue-zague e espiral, como demonstrado na Figura 1.

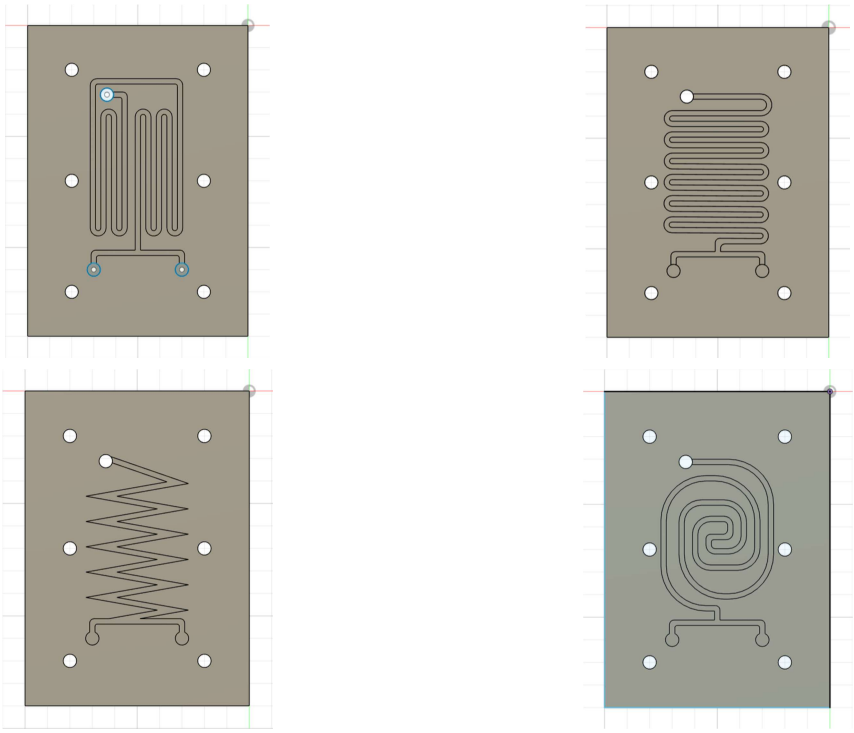


Figura 1 – Geometrias de microcanais: serpentina vertical, serpentina horizontal, zigue-zague e espiral.

Todos os microrreatores possuem um canal em T para a união dos reagentes. Cada protótipo apresenta três furos centrais de 3 mm de diâmetro (dois de entrada, com 0,9 mm de profundidade, e um de saída, com 3 mm de profundidade) e seis furos externos de 3 mm de diâmetro e 3 mm de profundidade para fixação por parafusos. Realizaram-se testes em alumínio para definição das operações e parâmetros de corte:

Nivelamento (Cavidade 2D): fresa de 4,0 mm, profundidade de 0,15 mm, rotação de 20000 rpm, avanço de 2400 mm/min e penetração de 600 mm/min.

Furação (2D Adaptativo): fresa de 1,0 mm, passagens com incremento de 0,1 mm, rotação de 12000 rpm, avanço de 150 mm/min e penetração de 80 mm/min.

Usinagem de Canais (Contorno 2D): fresa de 1,0 mm, profundidade de 0,9 mm com passes de 0,1 mm, rotação de 12000 rpm, avanço de 2400 mm/min e penetração de 70 mm/min. Aplicou-se lubrificante WD-40 entre as etapas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O nivelamento da face levou cerca de 5 minutos por protótipo com a fresa de 4,0 mm, gerando uma superfície plana. Embora ferramentas menores pudessem melhorar a rugosidade superficial (SURYAWANSHI *et al.,* 2018), a escolha priorizou a vida útil das fresas mais finas de 1,0 mm de diâmetro.

A furação adaptativa foi o processo mais demorado, consumindo cerca de 1 hora e 50 minutos por peça devido ao grande número de passes exigido. Foram necessárias pausas programadas para remover os cavacos acumulados e lubrificar a peça, alcançando-se com sucesso a profundidade total de 3,0 mm nos furos de saída e fixação.

Na usinagem dos canais de 1,2 mm, a serpentina vertical levou 35 minutos e a horizontal 40 minutos. No início do processo do modelo em zigue-zague, ocorreu a quebra da fresa de 1,0 mm, inviabilizando a finalização deste e do protótipo em espiral pela falta de ferramentas no laboratório. Os protótipos usinados estão ilustrados na Figura 2.

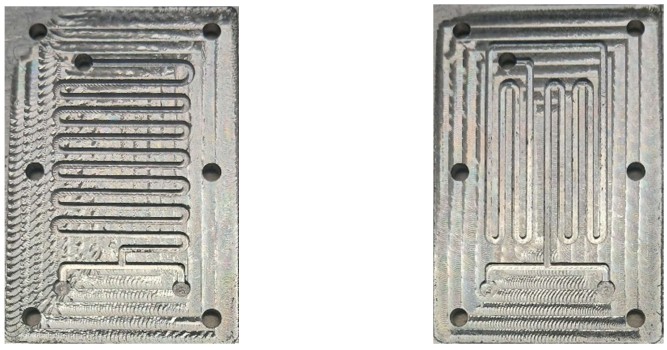


Figura 2 – Microcanais de serpentinal horizontal e vertical usinados.

Nas serpentinas vertical e horizontal concluídas, observou-se excelente fidelidade dimensional e trajetórias fluidas conformes com o projeto. Verificou-se um acúmulo discreto de rebarbas mecânicas nas bordas superiores.

CONCLUSÕES

O trabalho demonstrou a viabilidade do fresamento CNC de bancada para a fabricação ágil e de baixo custo de microrreatores de alumínio em laboratórios acadêmicos. As serpentinas vertical e horizontal foram usinadas integralmente com qualidade satisfatória para condução de reações químicas contínuas.

A quebra da ferramenta no protótipo em zigue-zague confirmou a fragilidade de fresas de pequenos diâmetros e as limitações inerentes ao processo, conforme apontado por Suryawanshi *et al.* (2018). Como próximos passos, serão fabricadas tampas, bases e juntas para selagem, possibilitando a realização de ensaios experimentais contínuos de transesterificação para a síntese de biodiesel e a avaliação das vantagens operacionais da microescala.

REFERÊNCIAS

BOJANG, A. A.; WU, H.-S. Design, Fundamental Principles of Fabrication and Applications of Microreactors. **Processes**, v. 8, n. 8, p. 891, 2020.

DAI, J.-Y. *et al*. Statistical Optimization for Biodiesel Production from Soybean Oil in a Microchannel Reactor. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 53, n. 22, p. 9325–9330, 2014.

GOJUN, M.; ŠALIĆ, A. Sustainable biodiesel production on micro-scale. **Engineering Power**, Zagreb, v. 14, n. 1, p. 35–46, 2019.

SURYAWANSHI, P. L. *et al*. A review on microreactors: Reactor fabrication, design, and cutting-edge applications. **Chemical Engineering Science**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2018.

TIWARI, A.; SINGH, V.; MAHANTA, P. Biodiesel production in micro-reactors: A review. **Energy for Sustainable Development**, v. 43, p. 143–161, 2018.

XIE, T.; ZHANG, L.; XU, N. Biodiesel synthesis in microreactors. **Green Processing and Synthesis**, v. 1, n. 1, p. 61–70, 2012.