

Instytut Inżynierii Chemicznej

Adres artykułu: <https://iich.gliwice.pl/pl/artykul/optymalizacja-geometrii-i-morfologii-powtarzalnych-otwartych-struktur-komorkowych-w-aspekcie-zastosowania-ich-jako-nosnikow-katalizatorow>

Optymalizacja geometrii i morfologii powtarzalnych otwartych struktur komórkowych w aspekcie zastosowania ich jako nośników katalizatorów

Czas trwania: 2021 - 2022

Opis

MINIATURA DEC-2021/05/X/ST8/00086

Piany stałe o otwartej strukturze porów od wielu lat są tematem badań naukowych jako obiecujące wypełnienie strukturalnego reaktora katalitycznego stosowanego do dopalania lotnych związków organicznych czy selektywnej redukcji tlenków azotu amoniakiem. Wykazują bowiem niewielki spadek ciśnienia pomimo znacznego rozwinięcia powierzchni geometrycznej istotnej dla kontaktu faz płyn-ciało stałe. Ich stochastyczna struktura zapewnia intensywne mieszanie, co polepsza współczynniki transportu ciepła i masy. Morfologia jest indywidualna dla każdej piany i zależy od wielu czynników, takich jak średnice mostków, okien, komórek. Ponadto, piany stałe mają różne kształty mostków: okrągłe, trójkątne, w kształcie hipocykloidy (deltoidy) Steinera (trójkątne o wklęsłych bokach). Jednak nieregularna geometria pian stanowi problem w ich modelowaniu przy użyciu programów CAD (Computer Aided Design) i CFD (Computational Fluid Dynamics). Dlatego struktura pian, na potrzeby modelowania, czy matematycznego opisu, często była przybliżana za pomocą przestrzennych struktur komórkowych (POCS – Periodic Open Cellular Structures), np. na bazie sześciianu lub ośmiościanu ściętego (komórka Kelvin'a). Idea struktur komórkowych zakłada zastąpienie komórki w pianie regularną komórką reprezentatywną (RUC – Representative Unit Cell) odwzorowującą komórkę pianową, a następnie utworzenie struktury komórkowej przez powielenie komórki reprezentatywnej we wszystkich kierunkach w przestrzeni. Tak powstała struktura jest znacznie łatwiejsza w projektowaniu i modyfikowaniu, a co najważniejsze z łatwością można określić jej parametry geometryczne i morfologiczne. Ponadto, geometria struktury komórkowej zapewnia intensywne mieszanie oraz korzystny stosunek transportu ciepła/masy do oporów przepływu. Rozwój addytywnych metod produkcji (drukowanie 3D) zapoczątkował nowy trend badań przybliżający strukturę pian

wykorzystując ich modelowanie za pomocą POCS. Poza samą geometrią RUC należy także uwzględnić kształt mostków, gdyż jest on zależny od porowatości struktury. Należy jednak wziąć pod uwagę fakt, że powierzchnia geometrii modelowanej jest gładka, natomiast powierzchnie struktur drukowanych charakteryzują się pewną chropowatością, co może polepszać przyczepność katalizatora, a równocześnie powodować pewną niezgodność pomiędzy wynikami eksperymentalnymi a modelowanymi. Dlatego należy zweryfikować wyniki modelowania za pomocą badań eksperymentalnych. Przeprowadzony przegląd literatury wskazał na brak prac doświadczalnych odnośnie wpływu kształtu mostków na właściwości transportowo-przepływowe POCS. Dostępne są jedynie prace czysto teoretyczne. Dlatego głównym elementem działania naukowego będą badania doświadczalne transportu ciepła i oporów przepływu przeprowadzone na strukturach komórkowych umieszczonych w reaktorze przepływowym (w posiadaniu zespołu). Struktury te będą się różniły kształtami i średnicami mostków oraz średnicami komórek, a więc badany będzie wpływ geometrii i morfologii na współczynniki transportowe i hydrodynamiczne. Celem projektu jest wyznaczenie optymalnego kształtu i średnicy mostków oraz średnicy komórek reprezentatywnych w modelowanej strukturze komórkowej dla zintensyfikowania transportu ciepła/masy przy niewielkim wzroście ogólnych oporów przepływu. Struktury te będą miały wymiary 30x45x30 mm i będą złożone z identycznych sześciątów. Zostaną zamodelowane w programach CAD+CFD (w posiadaniu zespołu), a następnie wydrukowane metodą SLM (Selective Laser Melting) ze stali AISI 316 (materiał powszechnie stosowany do druku 3D). Modelowanie CAD+CFD struktur komórkowych jest obecnie prowadzone na pojedynczej komórce sześcienniej. Stosowane są różne warianty przekroju poprzecznego mostków (koło, kwadrat, odwrócony kwadrat, sześciokąt, trójkąt, trójkąt Reuleaux - „trójkąt wypukły”, hipocykloida Steiner - „trójkąt wklęsły”, gwiazda), różne średnice mostków (0,5-1 mm) i komórek (5-10 mm). Pozyskanie projektu pozwoli na wytworzenie metodą drukowania 3D rzeczywistych struktur komórkowych oraz przeprowadzenie badań eksperymentalnych transportu ciepła i oporów przepływu w celu weryfikacji wyników modelowania CFD. Spośród testowanych struktur, wybrane do wytworzenia zostaną 3 struktury o najkorzystniejszych właściwościach. W celu sprawdzenia wpływu parametrów morfologicznych (średnica i kształt mostków, średnica komórek) każda wybrana struktura wydrukowana zostanie w 3 różnych wariantach (sumarycznie 9 struktur). Dzięki zastosowaniu tomografii komputerowej możliwe będzie dokładne określenie wymiarów geometrycznych i morfologicznych struktur. Wymiary te będą porównane z wynikami modelowania CAD, a jednocześnie są niezbędne do dokładnego obliczenia współczynników transportowo-przepływowych uzyskanych z eksperymentów.

Metryczka

Opublikował w BIP:	Artur Wojdyła
Data opublikowania:	29.07.2025 12:38
Liczba wyświetleń:	107