

Zastosowanie substancji porotwórczych w procesach wytwarzania polimerowych pian stałych przy użyciu ditlenku węgla w stanie nadkrytycznym

mgr inż. Katarzyna Kosowska

Promotor Prof. dr hab. inż. Marek Henczka

Promotor pomocniczy Dr inż. Jan Krzysztoforski

Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest proces wytwarzania kompozytowych struktur porowatych metodą spieniania przy użyciu ditlenku węgla w stanie nadkrytycznym z zastosowaniem substancji porotwórczych (porogenów) o zróżnicowanych właściwościach. W ramach niniejszej rozprawy przyjęto hipotezę badawczą o korzystnym wpływie zastosowania różnych rodzajów porogenów, takich jak hydroksyapatyt, celuloza, karboksymetyloceluloza i tlenek grafenu oraz ich mieszanin, na przebieg procesu spieniania poli(ϵ -kaprolaktonu) przy użyciu ditlenku węgla w stanie nadkrytycznym oraz możliwości uzyskania struktur porowatych o pożądanym właściwościach i większej użyteczności w specjalistycznych zastosowaniach w medycynie regeneracyjnej.

W pierwszej części rozprawy dokonano przeglądu literatury dotyczącej charakterystyki materiałów porowatych. Przedstawiono definicję struktur porowatych oraz omówiono metody wytwarzania funkcjonalnych pian stałych. Dokonano klasyfikacji technik ich wytwarzania oraz wymieniono zarówno zalety, jak i ograniczenia wynikające z możliwości ich zastosowania. Następnie omówiono właściwości płynów w stanie nadkrytycznym w kontekście możliwości ich zastosowania w procesach wytwarzania struktur porowatych oraz dokonano identyfikacji korzystnych cech ditlenku węgla jako substancji alternatywnej wobec rozpuszczalników organicznych. W tej części pracy dokonano również charakterystyki procesu spieniania materiałów przy użyciu ditlenku węgla w stanie nadkrytycznym oraz przedstawiono dotychczasowy stan wiedzy dotyczący analizy przebiegu procesu wytwarzania struktur porowatych. W kolejnej części rozprawy omówiono zastosowania pian stałych oraz możliwość ich użycia w medycynie regeneracyjnej. Dodatkowo przedstawiono wymagania stawiane zarówno materiałom, jak i wytwarzanym strukturom porowatym, mogącym mieć zastosowanie w medycynie regeneracyjnej jako tymczasowe, sztuczne rusztowania do regeneracji zniszczonych tkanek. Przedstawiono szczegółowe kryteria stanowiące o odpowiedniej morfologii, właściwościach mechanicznych i biologicznych funkcjonalnych pian stałych. Następnie omówiono mechanizmy procesu spieniania, z szczególnym uwzględnieniem wpływu poszczególnych warunków realizacji procesu na właściwości pian stałych.

W dalszej części pracy przedstawiono i omówiono wyniki przeprowadzonych własnych badań doświadczalnych przebiegu procesu spieniania materiałów kompozytowych z wykorzystaniem CO₂ w stanie nadkrytycznym. Celem wykonywanych eksperymentów było zbadanie przebiegu procesu spieniania materiałów kompozytowych wytworzonych z poli(ϵ -kaprolaktonu), wzbogaconego cząstkami substancji porotwórczych, oraz przeprowadzenie analizy cech otrzymanych struktur porowatych pod względem ich użyteczności w medycynie regeneracyjnej do regeneracji uszkodzonych tkanek kostnych. Zakres wykonywanych prac badawczych obejmował określenie wpływu zmiany parametrów realizacji procesu spieniania materiałów – temperatury, ciśnienia i czasu nasycania, temperatury, ciśnienia i czasu spieniania materiału polimerowego ditlenkiem węgla, szybkości dekompresji układu oraz rodzaju, stężenia i stopnia rozdrobnienia stosowanego porogenu – na właściwości użytkowe pian stałych w kontekście możliwości ich zastosowania w medycynie regeneracyjnej.

Zbadano wpływ warunków realizacji procesu wytwarzania pian stałych na efektywność procesu i właściwości struktur porowatych. Wykazano słuszność nowego zastosowania różnych rodzajów porogów: hydroksyapatyt (μ HA i nHA), karboksymetyloceluloza (CMC), celuloza krystaliczna (nC), i tlenek grafenu (nGO) w celu przeprowadzenia modyfikacji właściwości i poprawy jakości pian stałych, zwiększając ich użyteczność w specjalistycznych zastosowaniach medycznych. Istnieją znaczące różnice we właściwościach kompozytowych pian stałych w porównaniu do pian wykonanych z PCL bez domieszek porogów, spienionych w analogicznych warunkach. W większości przypadków uzyskane piany stałe charakteryzowały się porowatością bliską 80%. Istnieje możliwość oddziaływania na właściwości użytkowe pian stałych poprzez dobór odpowiednich parametrów operacyjnych procesu spieniania. Korzystne jest stosowanie podłoża polimerowego wzbogaconego odpowiednim czynnikiem zwiększającym jego bioaktywność. Przeprowadzone badania potwierdzają użyteczność zastosowanych materiałów kompozytowych jako podłoża do hodowli komórek kostnych i stanowią podstawę do prowadzenia dalszych prac w celu opracowania funkcjonalnego implantu kostnego.

Słowa kluczowe: inżynieria tkankowa, ditlenek węgla w stanie nadkrytycznym, spienianie, polikaprolakton, rusztowanie do hodowli komórek

Kosowski