

Streszczenie

Niedobór wody pitnej stanowi globalny problem, potęgowany poprzez postępującą industrializację i wzrost liczby ludności na świecie. W odpowiedzi na globalny kryzys wodny rozwijane są nowoczesne metody uzdatniania wody. Na szczególną uwagę zasługują procesy fotokatalityczne, które w porównaniu do konwencjonalnych metod pozwalają na całkowitą mineralizację trwałych zanieczyszczeń organicznych. Najczęściej wybieranym fotokatalizatorem jest dwutlenek tytanu (TiO_2) ze względu na niski koszt, powszechną dostępność, nietoksyczność oraz trwałość chemiczną. Badania nad TiO_2 z ostatnich czterdziestu lat skupiają się głównie na zapewnieniu funkcjonalności poprzez modyfikację materiału, zaniedbując inne cechy użytkowe, przez co rzadko dotyczą przemysłowego zastosowania TiO_2 . W kontekście fotokatalizatorów, charakterystyka użytkowa obejmuje przede wszystkim formę fotokatalizatora. Unieruchomienie materiału aktywnego fotokatalitycznie upraszcza jego użytkowanie jednocześnie, zmniejszając jego powierzchnię czynną, co prowadzi do obniżonej wydajności, a sam proces deponowania - nierzadko degradacji termicznej materiału. Pośród metod o niższym reżimie temperaturowym, zapewniających zachowanie pierwotnych właściwości fotokatalizatora, można wyróżnić niskociśnieniowe natryskiwanie na zimno (LPCS). Proces ten wykorzystuje energię kinetyczną do osadzenia materiałów proszkowych na podłożu. Niestety, deponowanie nieodkształcalnych, kruchych proszków tlenkowych, jak TiO_2 , obniża efektywność osadzania. Lepszą wydajność procesu uzyskuje się poprzez użycie zaglomerowanego proszku TiO_2 , który podczas natrysku ulega rozpadowi na mniejsze cząstki w efekcie uderzenia o powierzchnię. Innym często zaniedbywanym zagadnieniem dotyczącym fotokatalizatorów jest ich trwałość. Brak danych o zachowaniu się materiału w trakcie eksploatacji utrudnia prognozowanie zmian właściwości i ogranicza możliwość wielokrotnego użycia, co ma kluczowe znaczenie ekonomiczne i środowiskowe.

Niniejsza praca doktorska bada połączenie procesu syntezy zol-żel z techniką LPCS w celu wytworzenia fotokatalitycznych powłok TiO_2 . Metoda zol-żel jest wykorzystana do wytworzenia amorficznego i zaglomerowanego materiału proszkowego TiO_2 , z kolei proces

LPCS został użyty do osadzenia materiału fotokatalitycznego. To połączenie metod (technik) pozwala uzyskać jednorodne, skalowalne powłoki TiO_2 zachowując pierwotne właściwości proszków. Właściwości fotokatalityczne oceniano za pomocą rozkładu modelowego zanieczyszczenia – barwnika błękitu metylenowego w obecności promieniowania UV. Co więcej, aby zbadać wpływ warunków eksploatacyjnych na fotokatalizator, zastosowano dwa typy eksperymentów: (1) długotrwałe starzenie struktury w komorze wilgotnościowej oraz (2) wielocyklowy test rozkładu, oceniający stabilność efektywności podczas kolejnych użyć. Ponadto, modyfikowano syntezę proszków przez zmianę pH i rozpuszczalnika (izopropanol, metanol, aceton), co umożliwiło kontrolę stopnia aglomeracji i jej wpływu na wydajność procesu LPCS.

Otrzymane powłoki TiO_2 skutecznie degradowały MB w zakresie światła UV. Proces deponowania przyczynił się do częściowego wykryształizowania amorficznej formy do fazy anatazu. Długoterminowe starzenie obniżyło adsorpcję fotokatalizatora i w efekcie szybkość rozkładu barwnika, natomiast test wielocyklowy wykazał, że powłoki o wyższej krystaliczności cechują się większą powtarzalnością szybkości reakcji rozkładu, a regeneracja fotokatalizatora pomiędzy cyklami pozwala utrzymać jego początkową aktywność. Co więcej, wszystkie powłoki charakteryzują się niską kohezją, z kolei mechanizm ich adhezji zależy od stopnia krystaliczności materiału. Zaproponowano dwa typy adhezji: chemiczne (w powłokach amorficznych) i mechaniczne (w krystalicznych). Starzenie powłok umocniło adhezję wynikającą z wiązań chemicznych poprzez zwiększenie ich liczby, jednocześnie osłabiło mechaniczne zakotwiczone powłoki z powodu zmniejszenia powierzchni styku. Pomimo tego, po starzeniu krystaliczne powłoki zachowywały dwukrotnie wyższą adhezję od amorficznych. Modyfikacje syntezy zol-żel TiO_2 polegającą na podwyższeniu pH i zamianie rozpuszczalnika (pomiędzy izopropanolem, metanolem i acetonem) wpływa na aglomerację proszków i na ich efektywność osadzania. W wyniku czego, adhezja powłok również uległa zmianie, natomiast różnice w morfologii proszków, właściwościach powłok oraz ich stopnia krystaliczności ma wpływ na efektywność fotokatalizatora.

Przedstawione wyniki potwierdzają, że odpowiedni dobór parametrów procesów zol-żel i LPCS pozwala uzyskanie pożądanych cech użytkowych TiO_2 , zachowując ich funkcjonalność. Praca wnosi istotny wkład w rozwój skalowalnych metod wytwarzania fotokatalizatorów, opisuje mechanizmy adhezji i trwałość materiału pod wpływem starzenia oraz wskazuje kierunki dalszych badań: poprawę kohezji powłok i rozszerzenie ich aktywności na zakres widzialny.

