



Zachodniopomorski
Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie

WYDZIAŁ TECHNOLOGII I INŻYNIERII CHEMICZNEJ
Katedra Inżynierii Materiałów Katalitycznych i Sorpcyjnych

Kierownik prof. dr hab. inż. Beata Michalkiewicz

Szczecin, 20.06.2023 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Łukasza Lewandowskiego pt. „Nowe katalizatory pokryte grafenem” wykonanej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Adriany Zaleskiej - Medynskiej jako promotora oraz dr inż. Anny Gołąbiewskiej jako promotora pomocniczego

Fotokataliza ma ogromne znaczenie zarówno w dziedzinie naukowej, jak i technologicznej ze względu na swoje unikalne właściwości i potencjał aplikacyjny. Główne znaczenie i zaleta fotokatalizy wynika z jej zdolności do wykorzystywania energii światła z zakresu nadfioletu, widzialnego lub podczerwieni do inicjowania reakcji chemicznych, co umożliwia zastosowanie bardziej efektywnych i zrównoważonych technologii. Fotokataliza znajduje zastosowanie w wielu procesach. Odgrywa dużą rolę w oczyszczaniu środowiska, zwłaszcza w degradacji i neutralizacji zanieczyszczeń. Fotokatalizatory mogą rozkładać toksyczne substancje chemiczne, takie jak związki organiczne, zanieczyszczenia powietrza czy zanieczyszczenia wodne, w wyniku czego powstają bardziej przyjazne dla środowiska produkty. Fotokataliza ma również zastosowanie w syntezie chemicznej, umożliwiając bardziej wydajną, selektywną i kontrolowaną produkcję związków chemicznych. Dzięki fotokatalizie można przeprowadzać reakcje chemiczne w łagodnych warunkach, minimalizując ilość odpadów i wykorzystując zielone źródła energii. Jest również istotna w dziedzinie energii odnawialnej. Może być wykorzystywana do produkcji wodoru.

Praca doktorska pana mgr. Łukasza Lewandowskiego dotyczy zastosowania fotokatalizatorów w procesie produkcji wodoru oraz w usuwaniu zanieczyszczeń z wody. Zbadane zostały dwie grupy katalizatorów. W obu grupach zastosowano grafen jako alternatywę dla metali szlachetnych.



Głównym celem pracy było zbadanie możliwości syntezy i zastosowania fotokatalizatorów zawierających grafen jako kokatalizator. Postawiono siedem hipotez, które były następnie weryfikowane podczas prac badawczych.

Przedstawiona rozprawa liczy 94 strony. Znajdują się w niej 32 rysunki i 6 tabel. Spis literatury zawiera 213 pozycji. Praca doktorska napisana jest w języku angielskim. Składa się z części teoretycznej (6 rozdziałów) i eksperymentalnej zawierającej opis aparatury, metod badawczych i eksperymentów oraz omówienie wyników i dyskusję. Część literaturowa ukazuje dobrą znajomość dostępnej wiedzy dotyczącej podejmowanej tematyki i stanowi cenne wprowadzenie do prezentowanych później wyników badań własnych oraz ich dyskusji.

Przedstawiono syntezę dwóch grup katalizatorów: kompozytów $\text{TiO}_2\text{-Cu-Grafen}$ w reaktorze fluidyzacyjnym z zastosowaniem metody chemicznego osadzania z fazy gazowej (CVD) oraz kompozytów $\text{Ag}_3\text{PO}_4\text{-Grafen}$ z wykorzystaniem techniki napyłania plazmowego. Głównymi założeniami w syntezie obu kompozytów były minimalizacja toksyczności oraz łatwość powiększenia skali. Nie znalazłam jednak w dyskusji żadnego komentarza na ten temat. Powiększanie skali w przypadku metody CVD jest powszechnie uważane za mało skomplikowane. Inaczej jest jednak w przypadku reaktora fluidyzacyjnego. Jak to będzie wyglądało w nowatorskim rozwiązaniu, którego Doktorant jest współautorem? Co wiadomo w tym aspekcie w przypadku napyłania plazmowego? Wyjaśnienie dotyczące aspektów toksyczności również powinno zostać zamieszczone w pracy, gdyż jej czytelnikami mogą być np. studenci czy osoby, które chciały nabyć pewną wiedzę na ten temat.

Opis syntezy kompozytów $\text{Ag}_3\text{PO}_4\text{-Grafen}$ jest niejasny. Zabrakło informacji dotyczącej drugiego roztworu. Widomo tylko, że był to roztwór w wodzie dejonizowanej. Reakcje przedstawione na stronie 37 nie odpowiadają ściśle wymienionym na początku reagentom jakie miały posłużyć do produkcji kompozytu $\text{Ag}_3\text{PO}_4\text{-Grafen}$. W reakcjach pojawił się kwas fosforowy, zamiast diwodorofosforanu sodu.

Na stronie 65 autor twierdzi, że widmo XRD przedstawione jest na rys 7, podczas gdy widmo to XRD umieszczone jest na rys. 27. Podobnie na stronie 70 autor twierdzi, że wydajność kwantowa przedstawiona jest na rys. 10, a w rzeczywistości jest to rys. 31.

Obie grupy katalizatorów były charakteryzowane z zastosowaniem nowoczesnych technik takich jak: SEM, TEM, XRD, XPS, spektroskopia Ramana i UV-VIS.



Testy fotokatalityczne w przypadku $\text{TiO}_2\text{-Cu}$ -Grafen dotyczyły produkcji wodoru. Kompozyty Ag_3PO_4 -Grafen zastosowano do badań możliwości usuwania zanieczyszczeń z zastosowaniem fenolu jako modelowego zanieczyszczenia.

Opis wyników oprócz rezultatów testów katalitycznych zawiera również wnioski oparte na wszystkich zastosowanych technikach wymienionych powyżej. Widać, że mgr Łukasz Lewandowski zna dobrze te wszystkie techniki i potrafi je wykorzystywać do interpretacji badań.

Po przeprowadzeniu eksperymentów dotyczących produkcji wodoru przy użyciu kompozytów produkowanych w różnych temperaturach i różnym czasie zastosowano modelowanie matematyczne w celu wskazania najbardziej optymalnych warunków syntezy katalizatora, które pozwolą na produkcję wodoru z jak najwyższą wydajnością. Należy podkreślić, że po przeprowadzeniu eksperymentów z zastosowaniem katalizatora otrzymanego w tych warunkach produkcja wodoru była najwyższa. Porównując wyniki przedstawione w pracy doktorskiej z wynikami innych badaczy można stwierdzić, że należą one do wyników najlepszych. Wykazano również stabilność tego katalizatora i możliwość otrzymania wodoru niemalże w 100% wypełniającego reaktor.

W procesie degradacji fenolu wykazano, że grafen nie zwiększał aktywności fotokatalizatorów serii Ag_3PO_4 -Grafen, lecz znacznie podwyższał stabilność.

Dla obu procesów doktorant przeprowadził dyskusję prawdopodobnych mechanizmów fotokatalitycznych.

Oceniając dorobek naukowy mgr. Łukasza Lewandowskiego należy podkreślić, że jest on współautorem trzech publikacji z listy filadelfijskiej dotyczącej doktoratu, a w dwóch z nich jest pierwszym autorem. Jest też pierwszym autorem patentu ściśle związanego z doktoratem. Ponadto jest współautorem w pięciu innych czasopismach międzynarodowych oraz trzech polskich. Zaprezentował również wyniki swoich badań na konferencji międzynarodowej.

Przedstawiona do recenzji praca doktorska stanowi nowatorskie i oryginalne podejście do zagadnień związanych z fotokatalizatorami zawierającymi grafen. Odpowiada na wiele postawionych pytań, ale też stawia kolejne otwierając nowe możliwości badawcze.

Za największe osiągnięcia i dokonania mgr. Łukasza Lewandowskiego przedstawione w rozprawie doktorskiej uważam wykazanie, że:

- wprowadzenie grafenu do kompozytu TiO_2 -Copper zwiększa aktywność fotokatalityczną



- wprowadzenie grafenu do kompozytu Ag_3PO_4 zwiększa stabilność fotokatalizatorów
- można otrzymać aktywne fotokatalitycznie kompozyty TiO_2 -Copper-Grafen w temperaturze $500\text{ }^\circ\text{C}$ w reaktorze fluidalnym.

Uważam, że istotne i wartościowe jest zaznaczenie potrzeby standaryzacji badań fotokatalitycznych oraz określenie, jakie parametry dotyczące procesu fotokatalitycznego powinny być wymieniane przez autorów publikacji, aby umożliwić porównywanie wyników.

Podsumowując pragnę stwierdzić, że pan mgr Łukasz Lewandowski w ramach pracy doktorskiej zajmował się bardzo ciekawą tematyką wymagającą szerokiej wiedzy, umiejętności pracy w laboratorium i systematyczności. Autor opanował wiedzę teoretyczną i metody badawcze niezbędne do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej i dyskusji wyników. Podjęta tematyka jest aktualna i ma potencjalne znaczenie aplikacyjne.

Przedstawiona do recenzji praca doktorska pana mgr. Łukasza Lewandowskiego spełnia wszystkie wymogi i warunki określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku, Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018, poz. 1668 z późniejszymi zmianami), stawiane pracom składanym przez osoby ubiegające się o stopień naukowy doktora w dyscyplinie nauki chemiczne. Z pełnym przekonaniem wnioskuję o dopuszczenie Kandydata do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Biorąc pod uwagę wysoki poziom naukowy pracy doktorskiej oraz dorobek naukowy wnioskuję do Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne UG o rozważenie nadania Kandydatowi doktoratu z wyróżnieniem.

Michał Kiewicz

