



**WYDZIAŁ
CHEMII**

Uniwersytet Łódzki

Łódź, dnia 26.03.2025 r.

dr hab. prof. UŁ Michał Cichomski
Katedra Technologii i Chemii Materiałów
Wydział Chemii UŁ

RECENZJA

pracy doktorskiej Pana mgra inż. Aleksandra Jana Albrechta
pt. **"Badanie przemian fazowych nanokrystalicznych azotków żelaza o określonej
wielkości krystalitów"**

Praca została wykonana w Katedrze Technologii Chemicznej Nieorganicznej i Inżynierii Środowiska na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie pod kierunkiem Pana dra hab. Dariusza Moszyńskiego, prof. ZUT. Tematyka przedstawionej do recenzji dysertacji dotyczy interesującego zagadnienia jakim jest wytwarzanie i-zastosowanie nanokrystalicznych azotków żelaza. Tematyka badawcza podjęta przez doktoranta jest niezwykle ważna ze względu zastosowania tego typu nanomateriałów w rekultywacji gleb, oczyszczaniu wód, katalizie i szeroko pojętej elektronice.

Przedstawiona do recenzji dysertacja doktorska Pana mgra inż. Aleksandra Jana Albrechta, która bardzo dobrze wpisuje się w obszarze najnowszych trendów w inżynierii chemicznej i nanotechnologii. Dotyczy ona bowiem zbadania procesów azotowania i odazotowania, zachodzących w warunkach zmiennego potencjału azotowego materiałów żelazowych o strukturze nanokrystalicznej. Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska została napisana na 187 stronach maszynopisu formatu A4.



Składa się ona z dziewięciu rozdziałów, poprzedzonych wstępem, a zakończona jest podsumowaniem oraz wnioskami. Całość przedstawionej rozprawy doktorskiej dopełnia spis 96 rysunków, oraz literatury obejmujący 285 pozycji (w tym dwóch własnych). Uzyskane wyniki zostały w sposób syntetyczny zrekapitulowane w kontekście celu pracy w części zatytułowanej „Wnioski końcowe”.

W oparciu o przeprowadzony przegląd literatury, Autor rozprawy doktorskiej postawił hipotezy badawcze, które obejmowały dwa zasadnicze punkty:

- założono istnienie zależności potencjału azotowego wymaganego do zainicjowania przemian fazowych w procesach gazowego azotowania i odazotowania w nanokrystalicznym układzie Fe-N od rozmiaru krystalitów
- przyjęto, że ze zmniejszeniem średniej wielkości krystalitów, do zainicjowania przemiany fazowej do stanu o wyższej zawartości azotu w strukturze, niezbędna jest ekspozycja materiału w atmosferze o wyższym potencjale azotowym.

Weryfikacja przyjętych założeń wymagała opracowania procedur badawczych umożliwiających obserwacje przemian fazowych występujących w układzie nanokrystaliczne żelazo-azot bezpośrednio podczas ich zachodzenia. W tym celu wykorzystano zestaw metod *in situ* analizy parametrów materiałów stałych. Skorzystano z metod proszkowej dyfrakcji rentgenowskiej oraz termogravimetrii z zastosowaniem komór reakcyjnych. Za pomocą tych metod systematycznie zbadano wpływ temperatury 350 °C, 400 °C, 450 °C oraz 500 °C na przebieg procesów azotowania i odazotowania dla materiałów o różnym rozkładzie wielkości krystalitów.

W pierwszym etapie badań użyto materiałów zawierających nanokrystality żelaza o trzech rozmiarach: Fe₂₀, katalizator żelazowy o średniej (wielkości krystalitów ok. 21 nm) Fe₅₀, (o wielkości cząstek 25 nm) oraz Fe₁₀₀ (rozmiar cząstek 60-80 nm). Ponadto otrzymano mieszaniny dwuskładnikowe Fe_{20/50} i Fe_{20/100}, o równych stosunkach wagowych poszczególnych komponentów. Wielkość krystalitów i parametry strukturalne w poszczególnych układach zostały ustalone przy użyciu mikroskopii elektronowej i proszkowej dyfraktometrii rentgenowskiej (XRPD).

Kolejnym etapem było przeprowadzenie badań dotyczących procesów azotowania i odazotowania Na podstawie wyników analiz prowadzonych w warunkach *in situ*. Doktorant wykazał, że przebieg procesów azotowania i odazotowania jest zależny od średniej wielkości krystalitów. Doktorant potwierdził istnienie histerezy w procesie

zawierającym etapy azotowania i odazotowania nanokrystalicznego żelaza. Wykazał również, iż w przypadku nanomateriałów występują przesunięcia, względem klasycznych diagramów fazowych. Udowodnił również wpływ temperatury na przebieg tych procesów.

Doktorant dowiódł możliwość otrzymania fazy α -żelaza o stopniu nasycenia azotem znacznie przekraczającym dotychczas obserwowany w makroskali.. Dodatkowo przemiany pomiędzy fazami α -Fe, γ' -Fe₄N i ϵ -Fe₃₋₂N Doktorant wytłumaczył istnieniem zjawiska spójności granic fazowych. W konsekwencji zjawisko to ma wpływ na przebieg procesów azotowania i odazotowania zachodzących w materiałach grubokrystalicznych i nanokrystalicznych.

Praca została przygotowana bardzo starannie, zarówno od strony edycyjnej, jak i graficznej. Autor nie ustrzegł się kilku niedociągnięć o których wspominam jedynie z obowiązku recenzenta. Wymieniam kilka z nich: zbyt długie zdania liczące 4 wersy np. str. 55, 89 oraz kilka błędów interpunkcyjnych.

Po analizie dysertacji nasuwają się też pytania:

Dlaczego do badań nie stosowano mieszaniny dwuskładnikowych Fe 50/100? Podczas badań SEM zauważono nakładanie się krystalitów. Czym było to spowodowane? W jaki sposób przygotowano powierzchnie do tych badań? Czy nie warto było zastosować innych technik np. mikroskopii sił atomowych (AFM)?


Muszę jednak podkreślić, że wymienione uwagi, w niczym nie umniejszają mojej merytorycznej bardzo wysokiej oceny pracy. Jak łatwo zauważyć, powyższe zastrzeżenia dotyczą z reguły drobnych niedociągnięć. W ocenie recenzenta Doktorant wykonał pracę doktorską na bardzo wysokim poziomie naukowym, z wykorzystaniem aktualnych metod i nowoczesnych technik badawczych.

Warto również zauważyć, że Pan mgr inż. Aleksander Jan Albrecht jest współautorem 14 artykułów o wysokim współczynniku oddziaływania (IF), patentu, sześciu rozdziałów monografii oraz 12 wystąpień konferencyjnych. Był kierownikiem dwóch projektów badawczych realizowanych w ramach programu: „Diamentowy Grant” otrzymanego z Ministerstwa Edukacji i Nauki, oraz „Bekker”. Ponadto uczestniczył jako wykonawca w sześciu innych projektach.

Podsumowując, przedłożona do recenzji praca doktorska Pana mgr inż. Aleksandra Jana Albrechta w dziedzinie nauki inżynierijno-technicznych, dyscyplinie inżynieria chemiczna, spełnia w mojej opinii wymogi określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Wniosuję zatem

do Rady Dyscypliny Inżynieria Chemiczna, Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie o jej dopuszczenie do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie z uwagi na bardzo wysoki, nowatorski i aplikacyjny poziom badań przedstawiony w dysertacji oraz dorobek naukowy Doktoranta wnioskuję o wyróżnienie pracy Pana mgra inż. Aleksandra Jana Albrechta pt.” Badanie przemian fazowych nanokrystalicznych azotków żelaza o określonej wielkości krystalitów”.



dr hab. Michał Cichomski prof UŁ