



Prof. dr hab. inż. Zbigniew Pędzich
AGH w Krakowie
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki
Katedra Ceramiki i Materiałów Ogniotrwałych
pedzich@agh.edu.pl tel. 693 772 169

Kraków, 15 stycznia 2026r.

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Weroniki Bulejak
pt. „Ferroelektryczne kompozyty ceramika-polimer do zastosowań elektronicznych:
projektowanie, otrzymywanie i właściwości”

Recenzję sporządziłem na podstawie uchwały RNDICh.12-7.2025 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Warszawskiej z 9 grudnia 2025r. powołującej mnie na recenzenta. Praca powstała na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej, a istotna część badań została przeprowadzona w trakcie stażu doktorantki w Northwestern Polytechnical University w Xi'an.

Przedstawiona do recenzji rozprawa ma, coraz rzadziej już stosowaną, formę absolutnie klasyczną. Jest to typowa monografia, napisana w tradycyjny sposób, z częścią wprowadzającą skrótowo w zagadnienia istotne z punktu widzenia tematyki pracy, zadeklarowaną tezę pracy i zdefiniowanymi jej celami oraz obszerną częścią opisującą działania doktorantki wykonane dla udowodnienia tezy i zrealizowania celów. Oczywiście, w pracy zamieszczone są również rozumiane jako obowiązkowe, części takie jak, streszczenia w dwu językach, spis literatury oraz podsumowanie i wnioski.

Ze względu na zakres przeprowadzonych badań, recenzowaną pracę lokuję na pograniczu obszarów tematycznych inżynierii chemicznej i materiałowej. Zdecydowanie najważniejsza jest w pracy technologia tytułowych kompozytów, stąd właściwe jej przypisanie do inżynierii chemicznej, tym niemniej dość szczegółowa analiza właściwości, a przede wszystkim udane próby skorelowania właściwości z zastosowanymi procesami

technologicznymi, sprawiają że praca ma istotne walory z punktu widzenia inżynierii materiałowej.

Czytając wprowadzenie, już w pierwszym akapicie zderzyłem się odmiennym rozumieniem, przede mnie i przez doktorantkę, słowa technologia. Ja je rozumiem staroświecko jako „zorganizowany sposób przekształcania materii, energii i informacji, by zaspokoić nasze potrzeby albo osiągnąć to, co sobie zamierzeliśmy”. Technologia „obejmuje zarówno wytwarzanie narzędzi, maszyn i systemów, jak i rozwijanie procesów produkcyjnych oraz organizacyjnych”. Stąd stwierdzenie doktorantki, że coś jest „możliwe dzięki opracowywaniu nowych materiałów oraz technologii ich wytwarzania” jest dla mnie nieporadnością językową robiącą złe wrażenie niepotrzebnym nadmiarem słów. Potem jednak było już tylko lepiej. Ponieważ treścią pracy są działania w obszarze nauki i technologii, jej tekst siłą rzeczy zawiera dużo sformułowań specjalistycznych. Doktorantka posługuje się nim sprawnie, nie używa żargonu i pracę czyta się bardzo dobrze, jak na tego typu tekst.

Część rozprawy, nazywana zwyczajowo, „przełęczem literaturowym” dowodzi bezdyskusyjnie dobrego rozeznania doktorantki w zagadnieniach związanych z tematyką pracy. Dobór zagadnień jest właściwy, ich prezentacja następuje w logicznie uzasadnionej kolejności, a stopień szczegółowości opisu oceniam jako wystarczający dla wprowadzenia potencjalnych czytelników w tematykę rozprawy. Opisanie w zrozumiałym sposób właściwości składników kompozytu, samego kompozytu oraz nietrywialnych technik jego otrzymywania na około 40 stronach tekstu świadczy o tym, że doktorantka, realizując swoją pracę, dogłębnie przepracowała swój temat badawczy i porusza się w nim na poziomie eksperckim. Przytoczone w spisie literaturowym prace są odpowiednio dobrane i reprezentują bardzo dobrze stan wiedzy współczesnej na rozpatrywane w rozprawie zagadnienia.

Jak przystało na klasyczny sposób prezentacji rozprawy doktorskiej, w pracy wyartykułowana została teza i cel pracy. Teza „Budowa chemiczna polimeru wpływa na właściwości kompozytu ceramika-polimer, a odmiana polimorficzna tlenku tytanu oraz temperatura syntezy tytanianu barowo-strontowego w istotny sposób kształtują właściwości otrzymanego materiału” jest z formalnego punktu widzenia poprawna, ale jednak mam do niej pewne zastrzeżenia. Pierwsza część jest w zasadzie stwierdzeniem trywialnym. Oczywiście, że jest tak jak doktorantka napisała, wynika to z analizy literaturowej, praktycznie wszystkich prac dotyczących kompozytów. Właściwości chemiczne jednej z faz budujących kompozyt muszą wpływać na jego właściwości. Nie można od tego uciec, technologicie

kompozytowe starają się tak dobierać fazy składowe, aby ich właściwości chemiczne najlepiej wpływały na parametry użytkowe kompozytów.

Druga część tezy już trywialna nie jest, faktycznie nie jest oczywiste, że „odmiana polimorficzna tlenku tytanu oraz temperatura syntezy tytanianu barowo-strontowego w istotny sposób kształtują właściwości otrzymanego materiału”. W mojej ocenie przy formułowaniu tezy wystarczyło poprzestać na jej drugiej części, ale rozumiem intencję doktorantki, żeby w tezie zawarte było uzasadnienie tych celów pracy, które związane były ze zbadaniem wpływu rodzaju zastosowanego polimeru na właściwości kompozytu co było istotną częścią przeprowadzonych badań, z których wyniknęły istotne dla rozprawy wnioski.

Pozostałe, wymienione cele pracy, tj. zbadanie wpływu odmiany polimorficznej tlenku tytanu i temperatury syntezy na właściwości tytanianu barowo-strontowego oraz opracowanie sposobów formowania kompozytów BST/polimer trzema metodami: odlewania folii, odlewania i fotoutwardzania folii oraz osadzania topionego materiału są ambitne z punktu widzenia naukowego i technologicznego.

Generalnie uważam, że zakres rozprawy jest bardzo dobrze osadzony we współczesnej problematyce materiałowej, w rozwoju materiałów dla elektrotechniki i elektroniki, spełniających wymagania niezbędne dla konstruowania współczesnych urządzeń wykorzystujących właściwości ferroelektryczne tytanianu barowo-strontowego.

Co prawda recenzja powinna dotyczyć samej rozprawy, tym niemniej, pomocne w tej ocenie jest zapoznanie się z życiorysem naukowym doktorantki, bo wyjaśnia on nieco szerzej zakres tematyczny pracy, a szczególnie proporcje i szczegółowość badań przeprowadzonych w poszczególnych segmentach. Rozprawa realizowana była równoległe z realizacją grantów, przede wszystkim w ramach wspólnego programu NCN i NSFC - SHENG-1, nt. projektowania, otrzymywanie i właściwości ferroelektrycznych kompozytów ceramika-polimer wykazujących przestrajalność dielektryczną w szerokim zakresie częstotliwości, gdzie doktorantka była głównym wykonawcą, a potem kilku projektów i prestiżowego stypendium w NPU Xi'an ukierunkowanych na rozwój formowania metodami przyrostowymi.

Konkretnie chodzi mi pewne zauważone dysproporcje w zakresach badań charakteryzujących poszczególne etapy opracowanej technologii oraz właściwości otrzymanych kompozytów, co może być efektem wynikającym z rozbieżności celów naukowych tej konkretnej rozprawy i konkretnych projektów badawczych.

Przykładowo, w pracy bardzo obszernie opisane są różnice w fazie polimerowej, wynikające z rodzaju zastosowanych prekursorów i przebiegu procesu, a nieco pobieżnie, w mojej opinii potraktowano fazę ceramiczną. Oczywiście zbadany został wpływ zastosowanej odmiany dwutlenku tytanu na finalną morfologię proszków tytanianowych, ale nie zostały wykorzystane możliwości głębszego wyjaśnienia tych różnic. Mam tutaj na myśli taki, zastosowany w pracy, sposób postępowania, w którym stosując różne prekursory i różne warunki syntezy, używa się otrzymanych proszków do syntezy kompozytów, bez dodatkowej obróbki. Przecież otrzymane proszki znacznie różniły się morfologicznie wielkością kryształitów, rozwinięciem powierzchni oraz stopniem aglomeracji (agregacji). Oczywiście, te różnice są w pracy zauważone i opisane, ale nie znalazłem w pracy charakterystyki ilościowej morfologii proszków, ani nawet analizy granulometrycznej (wielkość ziaren), a ta z pewnością była różna dla różnych proszków. To zróżnicowanie z całą pewnością wpływało na przebieg syntezy kompozytów i na pewno determinowało zachowanie tych kompozytów, w każdym z zastosowanych procesów formowania, oraz finalną mikrostrukturę kompozytów, a to nie powinno pozostawać bez wpływu na właściwości funkcjonalne. Chciałbym w toku obrony poznać pogłębioną opinię doktorantki na to zagadnienie. Moje pytanie brzmi konkretnie „Czy ujednorodnienie morfologii proszków tytanianowych, po procesie ich syntezy, mogłoby wpłynąć na końcowe parametry funkcjonalne kompozytów?”.

Całość badań zaprezentowanych w rozprawie dowodzi, że doktorantka ma umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, potrafi zaplanować skomplikowany plan badawczy z dobrze zdefiniowanymi celami, potrafi wykorzystać możliwości wynikające z pracy zespołowej i dobrze potrafi odnaleźć się w środowiskach naukowych funkcjonujących w różnych uwarunkowaniach kulturowych i ekonomicznych.

Rozprawa doktorska Pani Weroniki Bulejak jest oryginalnym rozwiązaniem ważnego dla technologii kompozytów polimerowo-ceramicznych ogólnego problemu naukowego polegającego na takiej modyfikacji składników kompozytu, która doprowadzi do pełnego wykorzystania właściwości faz składowych. W tym konkretnym przypadku rozwiązanie tego problemu polega na doborze rodzaju fazy polimerowej, doborze prekursora fazy ceramicznej, ale także na doborze sposobu ich wzajemnego połączenia w taki sposób, aby osiągnąć jak najlepszy efekt synergii właściwości. Właściwości ferroelektrycznych fazy tytanianowej i właściwości konstrukcyjnych fazy polimerowej. Uważam, że recenzowana praca wnosi w tę

tematykę istotny wkład od strony naukowej, ale pokazuje również, wynikające z rozeznania naukowego, kierunki działania istotne dla osiągnięcia celów technologicznych.

Wysoko oceniam część podsumowującą i wnioskową rozprawy. Podsumowanie pozwala czytelnikowi na retrospektywne spojrzenie na całość pracy ponownie uwypuklając jej cele i omawiając poziom ich realizacji. Wnioski są bardzo konkretne, wypływają w pełni z przeprowadzonych eksperymentów i w części aplikacyjnej wskazujące na te elementy, które mogą przyczynić się do poprawy technologii elementów wykonanych z kompozytów polimerowo-ceramicznych (BST).

Od strony edycyjnej i redakcyjnej mam do pracy jedno zastrzeżenie. W całym spisie literatury, zapewne na skutek automatyzacji procesu, indeksy dolne zostały potraktowane jako normalna czcionka, co robi złe wrażenie na czytelnikach jako tako obytych z chemią. To przeoczenie nie utrudnia zrozumienia treści, ale jednak nie powinno mieć miejsca. Poza tym nie mam do pracy zastrzeżeń, a nawet chciałbym podkreślić, że poza tym wymienionym przypadkiem, edycja i korekta jest staranna, a język jakim posługuje się Doktorantka jest poprawny i zrozumiały.

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Weroniki Bulejak pt. „Ferroelektryczne kompozyty ceramika-polimer do zastosowań elektronicznych: projektowanie, otrzymywanie i właściwości” odpowiada warunkom określonym w Ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z 20 lipca 2018 r.

