

**Prof. dr hab. inż. Tadeusz BURCZYŃSKI, czł. rzec. PAN**  
Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN  
ul. Pawińskiego 5B, 02-106 Warszawa  
tel. +48 22 826 89 11  
e-mail: [tburczynski@ippt.pan.pl](mailto:tburczynski@ippt.pan.pl)

---

Warszawa, 10.10.2023

**Recenzja**  
**rozprawy doktorskiej mgra Macieja Łojkowskiego**  
**pt. „ Designing Nanovolcanoes for Nanoparticle Trapping”**

**1. Uwagi ogólne**

Rozprawa doktorska mgra Macieja Łojkowskiego jest poświęcona projektowaniu cienkich warstw polimerowych z nanowulkanami do wychwytywania nanocząstek hydroksyapatytu w celu promowania lub hamowania proliferacji komórek.

Praca powstała w Zakładzie Projektowania Materiałów Wydziału Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej. Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Wojciech Świążkowski.

Biorąc pod uwagę cel i zakres pracy, zastosowane metody badawcze oraz osiągnięte wyniki rozprawę można z całą pewnością zakwalifikować do dyscypliny naukowej inżynieria materiałowa,

**2. Zakres rozprawy**

Rozprawa opublikowana została przez wydawnictwo Politechniki Warszawskiej i zawiera 217 stron, napisana jest w j. angielskim i składa się ze streszczeń w j. angielskim i j. polskim, spisu treści, siedmiu rozdziałów, bibliografii, spisu rysunków i tabel, podziękowań, krótkiego CV oraz listy własnych publikacji i patentów.

W rozdziale I będącym wstępem, Doktorant przedstawia podstawowe informacje dotyczące strony merytorycznej rozpatrywanego w rozprawie zagadnienia.

W rozdziale II Doktorant formułuje tezę, główne cele oraz przedstawia zakres rozprawy.

W rozdziale III Doktorant wykazuje, że polistyren o fазie 20 kDa oddziela się od polistyrenu o masie 200 kDa. Dodatkowo wykazano, że para wodna indukuje segregację polistyrenu z bimodalnym rozkładem masy cząsteczkowej na odrębne struktury.

W rozdziale IV omówione zostały różnice w rozpuszczalności polistyrenu w zależności od rozkładu masy cząsteczkowej i doboru rozpuszczalnika.

Szczególна zwilżalność nanowulkanów, która pozwala na przechowywanie pęcherzyków powietrza przedstawiona jest w rozdziale V.

W rozdziale VI zlustrowano oswojanie profili nanowulkanów z wykorzystaniem bimodalnego polistyrenu w celu ułatwienia wychwytywania nanocząstek.

Podsumowanie uzyskanych wyników oraz plany dalszych badań przedstawione są w rozdziale VII.

Bibliografia (References) zawiera 223 pozycje literaturowe, z tego 4 są współautorstwa Doktoranta. Oprócz bibliografii Doktorant na str. 214-216 przedstawia 17 pozycji literaturowych, w których w 4. jest pierwszym autorem) oraz 2. prace, które ukazały w materiałach konferencyjnych.

### **3. Ocena merytoryczna**

Oceniana rozprawa poświęcona jest oryginalnej, ważnej i ciekawej tematyce badawczej związanej z projektowaniem cienkich warstw polimerowych z nanowulkanami do wychwytywania nanocząstek hydroksyapatytu w celu promowania lub hamowania proliferacji komórek. Głównym celem rozprawy jest opracowanie metody kontrolowania tworzenia się pierścieni wokół porów w cienkich warstwach polimerowych.

Doktorant formułuje na str. 34 tezę, że stosując metody powlekania spinowego z kontrolowaną wilgotnością i separacją mikrofaz w mieszance PMMA/PS, możliwe jest zaprojektowanie cienkiej warstwy polimeru z zamkniętymi porami, przypominającymi stożki nanowulkaniczne i precyzyjne dostrojenie ich geometrii w celu wychwytywania nanocząstek hydroksyapatytu poprzez uwolnienie zmagazynowanych pęcherzyków powietrza.

Ponadto Doktorant sformułował cele użytkowe i naukowe swojej rozprawy.

Doktorant zrealizował w rozprawie kilka ważnych zadań badawczych:

- a. badał separację faz pomiędzy polistyrenami o identycznej budowie chemicznej, ale różnej masie cząsteczkowej,

- b. badał, w jaki sposób dwa rodzaje polistyrenu, chemicznie identyczne, ale o różnych masach cząsteczkowych, różnią się rozpuszczalnością i jak to się ma do oddziaływań polarnych, dyspersyjnych i wodorowych między rozpuszczalnikiem a substancją rozpuszczoną,
- c. opracował metody analizy profilu nanowulkanicznego oraz zależności między profilem nanowulkanicznym, a zwilżalnością powierzchni próbki,
- d. opracował kształt nanowulkanów do wychwytywania hydroksyapatytu poprzez dostrojenie profilu wyspy polistyrenowej za pomocą bimodalnego rozkładu masy cząsteczkowej,
- e. badał biokompatybilność nanowulkanów z hydroksyapatytem i bez hydroksyapatytu.

Doktorant skupił swoją uwagę na opracowaniu metody kontrolowania tworzenia się pierścieni wokół porów w cienkich warstwach polimerowych, które podobne są do stożków nanowulkanów oraz dostrojenie ich kształtu i nachylenia w celu zamknięcia stabilnych pęcherzyków powietrza wewnątrz nich.

Na podstawie przeprowadzonych rozważań i badań można uznać, że teza rozprawy została udowodniona. Opracowana metoda wytwarzania nanowulkanów oparta jest na migracji polistyrenu na powierzchnię wysp, co w połączeniu z kontrolowanymi warunkami wilgotności pozwalała na zmianę kształtu wysp polistyrenowych.

Doktorant wykazał, że odgazowanie próbek pod próżnią prowadzi do uwolnienia pęcherzyków powietrza i aspiracji nanocząsteczek hydroksyapatytu. Ponadto wykazał, że biogodność próbek z pustymi nanowulkanami jest niska, natomiast jest wysoka z wypełnionymi hydroksyapatytem.

Warto wyraźnie podkreślić, że opracowana metoda jest oryginalnym i ważnym osiągnięciem Doktoranta.

Zamieszczone w pracy wyniki badań świadczą o bardzo dobrej znajomości problematyki badawczej, dużej pomysłowości i profesjonalności Doktoranta w wykonaniu wielu eksperymentów.

Na uwagę zasługuje wysoki poziom merytoryczny rozprawy.

Struktura rozprawy jest logiczna i dobrze przemyślana. Na szczególną uwagę zasługuje duża staranność w przygotowaniu rozprawy. Język angielski rozprawy niewątpliwie może pomóc w jej rozpowszechnieniu w zagranicznych środowiskach naukowych.

Przedstawione w rozprawie wyniki mają istotne znaczenie praktyczne i naukowe.

#### 4. Uwagi dyskusyjne

- Doktorant pisze w rozprawie, że kształt nanowulkanów jest bardzo interesujący ze względu na wiele właściwości, które mogą być przydatne w kontekście optyki, fotoniki i plazmoniki. Jakie są to właściwości? W jaki sposób właściwości te mogą być przydatne w optyce, fotonice i plazmonice?
- W rozprawie Doktorant skupił się na zaprojektowaniu *optymalnego* kształtu nanowulkanów do uwięzienia w nich nanocząstek. Jeśli mają one istotnie optymalny kształt, to jakie było kryterium optymalizacji i jaka metoda optymalizacji została zastosowana?
- Badania przedstawione w rozprawie mają charakter eksperymentalny. Czy Doktorant zastanawiał się nad możliwością zbudowania modeli matematycznych i numerycznych zjawisk opisanych w rozprawie?

#### 5. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgra Macieja Łojkowskiego jest bardzo interesującym studium z zakresu projektowania cienkich warstw polimerowych z nanowulkanami do wychwytywania nanocząstek hydroksyapatytu.

Główne cele rozprawy zostały osiągnięte, a Doktorant wykazał się dużą wiedzą i doświadczeniem.

Biorąc pod uwagę przedstawioną opinię stwierdzam, iż praca mgr inż. Macieja Łojkowskiego

„Designing Nanovolcanoes for Nanoparticle Trapping”

w pełni odpowiada wymogom stawianym rozprawom doktorskim.

Doktorant jest dobrze przygotowany do prowadzenia samodzielnych badań naukowych z zakresu inżynierii materiałowej.

Uważam, że przedstawiona rozprawa doktorska w pełni spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązującą Ustawę z dn. 3 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce i wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Warszawskiej.

Jednocześnie składam wniosek o wyróżnienie rozprawy.

Oprócz wysokiego poziomu merytorycznego rozprawy Doktorant ma znaczący dorobek publikacyjny. Jest współautorem 17. publikacji, z czego 4 publikacje są bezpośrednio związane z rozprawą i omówione w podsumowaniu rozprawy. Ponadto 2. prace zostały przedstawione na konferencjach naukowych. Doktorant jest także współautorem patentu i uczestniczył w 3. projektach badawczych.



*Tadeusz Burczyński*