

Dr hab. inż. Bogusław Królikowski  
profesor IIMPiB  
Instytut Inżynierii Materiałów  
Polimerowych i Barwników  
**87-100 Toruń**  
ul. M. Skłodowskiej – Curie 55

Toruń, 18.02.2019.

## RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Bartłomieja Jagodzińskiego**

**pt.:**

**„Nowe prekursory metalizowania bezprądowego materiałów polimerowych  
modyfikowanych laserowo”**

### **1. Podstawy formalne recenzji**

Podstawą formalną niniejszej recenzji jest pismo Dziekana Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej nr RMTO-533/D/2018/2019 z dnia 16.01.2019 roku, a także tekst rozprawy doktorskiej dostarczony w postaci maszynopisu.

Zakres merytoryczny pracy przedstawionej do recenzji jest zgodny ze specjalnością naukową i zainteresowaniami naukowymi recenzenta.

Recenzowana praca jest dziełem naukowym z zakresu nauk technicznych a w szczególności inżynierii materiałowej i dotyczy nowych prekursorów metalizowania powierzchni tworzyw polimerowych na tle dotychczas publikowanych osiągnięć dotyczących operacji metalizowania tworzyw polimerowych, zarówno fizycznego jak i chemicznego a także metod badań instrumentalnych tak modyfikowanych tworzyw. Praca składa się z obszernego tekstu oraz wielu cytowanych pozycji literaturowych, zawierających aktualne naukowe doniesienia światowe i krajowe, powstałe na przestrzeni ostatnich lat.

### **2. Zakres i układ rozprawy**

Całą rozprawę Doktorant podzielił na sześć rozdziałów poprzedzonych *Spisem treści*, *Spisem ważniejszych akronimów* oraz *Wprowadzeniem*, a zakończonych zestawem cytowanych pozycji *Literatury*. Układ rozprawy jest logiczny i konsekwentny w zapisie z zastrzeżeniami i uwagami, opisanymi w *Uwagach do rozprawy*.

Biuro Dziekana

wpłynęło dnia 27. II 2019  
nr 704/p/006 zot. 2 1  
2018/19

**Rozdział 1.** dotyczy *Aktualnego stanu literatury*, tzn. opisu metod metalizowania tworzyw polimerowych, a więc bezprądowego, fizycznego, chemicznego, modyfikowania plazmowego – bezprądowego i za pomocą wyładowań koronowych a także za pomocą promieniowania laserowego.

**Rozdział 2.** zawiera *Tezę badawczą i cel rozprawy* a w tym także sposób realizacji celów rozprawy.

**Rozdział 3.** dotyczy *Metodyki badań* z uwzględnieniem materiałów, wytworzenia próbek, zastosowania odpowiednich technik aktywacji powierzchniowej oraz instrumentalnych metod badawczych takich jak: dynamiczna analiza mechaniczna DMA, różnicowa kalorymetria skaningowa DSC, termo grawimetria DTG, TG, spektroskopia w podczerwieni FTIR, spektroskopia UV-VIS, spektroskopia fotoelektronowa XPS, mikroskopia sił atomowych AFM, skaningowa mikroskopia elektronowa SEM w połączeniu z EDX czy pomiar goniometryczny zwilżania powierzchni. Pomiar goniometryczny pozwala na obliczanie swobodnej energii powierzchniowej SEP, której wartość jest jedną z miar stanu termodynamicznego powierzchni danego materiału i najważniejszym miernikiem oceny podatności zmodyfikowanej powierzchni tworzyw do nanoszenia różnych warstw i ich stabilizowania, w tym do metalizowania. Z problemem tym łączy się bardzo istotny parametr, jakim jest adhezja na granicy tworzywo/metal i jej pomiar.

**Rozdział 4.** dotyczy *Wyników badań wstępnych*, polegających na ustaleniu charakterystyki i kryteriów doboru wybranych komercyjnych żywic do badań i wybraniu tej najlepszej jako żywicy powłokowej. Wytypowano także dodatki do żywic powłokowych w postaci mikrokulek szklanych oraz kompleksów miedzi. Wytypowano także tworzywa na podłoża powłok polimerowych.

**Rozdział 5.** dotyczy *Wyników badań zasadniczych*, który obejmuje analizę przeprowadzonych wyników a przede wszystkim ocenę jakości powłok napromieniowanych laserowo za pomocą różnych metod, ocenę adhezji na granicy warstw: miedź/powłoka, ocenę wpływu kulek szklanych na efekty metalizacji bezprądowej i modyfikacji laserowej.

**Rozdział 6.** przedstawia *Wnioski końcowe*, na które składają się wnioski poznawcze, wnioski użytkowe, podsumowanie oraz komentarz do nich. W rozdziale tym Doktorant stwierdza najkorzystniejsze zachowanie się jednego z trzech zastosowanych w badaniach kompleksów miedzi jak również korzystny wpływ mikrokulek szklanych na proces modyfikacji laserowej, prowadzący do poprawy ekonomiki całego przedsięwzięcia.

Autor w swej pracy przebadał różne metody realizowania ww. operacji i ustalił najkorzystniejsze rozwiązania dla opisywanego procesu. Z doniesień Doktoranta wynika, że

pokrywanie tworzyw polimerowych metalami jest zdecydowanie procesem trudnym, stąd bardzo ważny jest dobór odpowiednich operacji pośrednich. Metalizowanie takich tworzyw jak PLA, PP czy PS nie przebiega tak łatwo jak np. tworzywa ABS; problem jest jednakże podobny. Tworzywa te wymagają obróbki wstępnej powierzchni, aktywowania, i w odpowiedni sposób nanoszenia warstwy metalicznej.

Doktorant, podejmując tę wielowątkową pracę musiał zdawać sobie sprawę, że wpływ na pozytywny efekt całego przedsięwzięcia i rezultat końcowy ma przebadanie szerokiego wachlarza zmiennych niezależnych, do których, w tym przypadku należą ważniejsze, takie jak np.: materiały podłoża powłok polimerowych, dobór osnowy powłok polimerowych, dodatki do powłok polimerowych, związki kompleksowe miedzi do kąpeli metalizujących.

Prowadząc swoje badania Doktorant zastosował nowe, niestosowane dotychczas w tej dziedzinie rozwiązania, takie jak: nowe prekursory metalizacji w postaci kompleksowych związków miedzi czy mikrokulki szklane o różnej granulacji, wspomagające laserową aktywację powierzchni materiałów polimerowych zawierających związki miedzi. Są to zdecydowanie nowości techniczne.

Cała rozprawa stanowi spójną całość łącząc ze sobą istniejącą wiedzę w tej materii, podstawy teoretyczne, metody badań zjawisk powierzchniowych w polimerach, modyfikowania i aktywowania powierzchni jak i stosowania odpowiednich materiałów do tego celu, samego metalizowania. Omawia ona ww. zagadnienia w sposób wyczerpujący, opierając się na dostępnych informacjach jak i doświadczeniach własnych

### **3. Ocena merytoryczna**

Rozprawa dotyczy bardzo ważnego problemu stosowania nowych technik do procesu metalizowania powierzchni tworzyw polimerowych, które rozwijają się niezwykle dynamicznie. Przygotowana w takim układzie rozprawa stanowi całość i posiada duży ładunek poznawczy, szczególnie dla specjalistów zajmujących się podobną tematyką jak również studentów czy młodych pracowników nauki.

Połączenie opisu różnych technik modyfikowania powierzchni ze stosowanymi technikami nanoszenia metalu a także metodami badawczymi czyni praktycznie z rozprawy istotną pozycję; można stwierdzić, że uzupełniającą i rozszerzającą w stosunku do wcześniejszych, znanych recenzentowi prac tej grupy naukowców, związanych z UKW w Bydgoszczy. Grupa ta, konsekwentnie od wielu lat, z sukcesem, prowadzi badania nad modyfikacjami właściwości powierzchniowych tworzyw polimerowych.

Zestawienie pozycji literaturowych dotyczy wiadomości z przestrzeni ostatnich lat, a więc z najnowszego okresu rozwoju technik metalizowania tworzyw. Monografia jest udaną próbą połączenia dostępnych informacji dotyczących ww. technik w jedną całość, jest napisana językiem przejrzystym i komunikatywnym z uwzględnieniem *Uwag do rozprawy*. Doktorant wykonał dużą pracę gromadząc tak wszechstronny materiał. Rozprawa zawiera 159 stron maszynopisu oraz 132 pozycje literaturowe. Jest więc pracą obszerną. *Literatura* cytowana jest względnie aktualna. Większość pozycji powstało w latach 2000 – 2017, 40 pozycji ze 132 cytowanych – w ostatnich 10 latach, 18 – w ostatnich 5 latach.

Cała rozprawa, a szczególnie jej **Rozdziały 4 i 5** dotyczące badań własnych świadczą o znajomości tematu i biegłości Doktoranta w posługiwaniu się przedstawionymi technikami, co czyni z niego doświadczonego specjalistę w tej dziedzinie. Ze względu na stopień skomplikowania rozprawy i konieczność skorzystania z specjalistycznej aparatury Doktorant podjął współpracę z innymi placówkami naukowymi, a więc obok Zakładu Inżynierii Materiałowej UKW także z Instytutem Optoelektroniki WAT w Warszawie i Instytutem IMPiB w Toruniu.

#### **4. Ocena formalna**

*Teza badawcza i cel badań* opisane w **Rozdziale 2.**, (a właściwie 2 cele) są sformułowane prawidłowo. Doktorant wytypował dwa główne cele rozprawy: poznawczy i użytkowy. Realizacja tych celów wymagała uwzględnienia 6 trudnych, ściśle sprecyzowanych problemów, których rozwiązanie Doktorant postawił sobie jako cele cząstkowe. Wszystkie problemy zostały rozwiązane, *Wnioski końcowe* Doktorant przedstawił w **Rozdziale 6**. *Wnioski końcowe* rozprawy zostały sformułowane prawidłowo z uwzględnieniem *Uwag do rozprawy*.

Recenzent nie zauważył w pracy istotnych błędów znaczeniowych. Wszelkie zastrzeżenia i niejasności recenzent przedstawił Doktorantowi na piśmie w *Uwagach do rozprawy*, które są załącznikiem do niniejszej recenzji. Wyjaśnienia i odpowiedzi złożone przez Doktoranta były zadowalające i zostały przyjęte przez recenzenta.

Wszelkie uwagi recenzenta, zastrzeżenia czy sugestie dotyczące niniejszej rozprawy w najmniejszym stopniu nie umniejszają pozytywnej oceny dotyczącej jej jakości czy wartości.

Wg recenzenta pod względem formalnym rozprawa została przygotowana prawidłowo.

## 5. Ocena ogólna

Po przeanalizowaniu tekstu nasuwa się ogólna ocena pracy:

- rozprawa doktorska p. mgr inż. Bartłomieja Jagodzińskiego obejmuje zagadnienia bardzo ważne zarówno pod względem naukowym – poznawczym jak również utylitarnym – aplikacyjnym,
- w pracy zastosowano nowe rozwiązania techniczne, dotychczas niestosowane w tego typu badaniach.
- zagadnienia będące przedmiotem rozprawy należą do wiodących problemów nad badaniem i modyfikowaniem warstw wierzchnich tworzyw polimerowych, którymi zajmuje się od wielu lat Zakład Inżynierii Materiałowej Wydziału Matematyki, Fizyki i Techniki Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, macierzystej uczelni Doktoranta,
- przedstawiona rozprawa jest istotnym wkładem do rozwoju wiedzy technicznej i wpisuje się w zakres dziedziny *Nauk inżynieryjno-technicznych* oraz dyscypliny naukowej określaną jako *Inżynieria materiałowa*,
- po szczegółowej analizie przedłożonej do recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Bartłomieja Jagodzińskiego pt.: „*Nowe prekursorsy metalizowania bezprądowego materiałów polimerowych modyfikowanych laserowo*” recenzent stwierdza, że rozprawa spełnia warunki określone w Ustawie z **dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki** (Dz. U. z dnia 14 marca 2003 r., nr 65, poz. 595 – z późniejszymi zmianami), w tym także warunki określone w art.13.1. tej Ustawy. Na tej podstawie recenzent przedkłada wniosek o dopuszczenie mgr inż. Bartłomieja Jagodzińskiego, po spełnieniu pozostałych wymogów, do publicznej obrony recenzowanej rozprawy.

Po przeanalizowaniu rozprawy, biorąc pod uwagę zastosowane w pracy elementy nowości technicznych, recenzent stawia wniosek do Przewodniczącego Komisji o wyróżnienie rozprawy doktorskiej pana mgr inż. Bartłomieja Jagodzińskiego.

Załącznik:

*Uwagi do rozprawy doktorskiej*

  
G. B. Królikowski

Toruń, 8.02.2019.

Uwagi  
do rozprawy doktorskiej  
**mgr inż. Bartłomieja Jagodzińskiego**  
pt.:

*„Nowe prekursory metalizowania bezprądowego materiałów polimerowych  
modyfikowanych laserowo”*

**Uwagi ogólne dotyczące całości rozprawy**

- część merytoryczna rozprawy jest przygotowana dobrze i prawidłowo, część edytorska wymagałaby pewnego dopracowania ,
- w pracy zauważa się błędy literowe, stylistyczne, gramatyczne, edytorskie (np. jakość rysunków) czy redakcyjne,
- wg recenzenta między **Rozdziałem 2 a 3** powinien znajdować się skrócony *Plan doświadczeń* (lub jako *Ogólny algorytm badań* – podrozdział),
- wg recenzenta należałoby nieco rozszerzyć i usystematyzować *Podsumowanie*, *Wnioski utylitarne* i *Wnioski poznawcze*,
- wytyczne na przyszłość, które Doktorant przedstawił na str. 148 powinny być bardziej śmiało wyeksponowane w postaci np. rozdziału – *Dalsze kierunki badań*,
- Doktorant nie podnosi problemu ochrony środowiska w przypadku utylizacji elementów poużytkowych zawierających metale ciężkie jak Pd, Cu, Cr lub inne metale stosowane przyszłościowo, czy też odpadów ciekłych po kąpielach miedziujących, chociaż recenzent wie, że w kręgu naukowców UKW, zajmujących się powyższym tematem o problemie tym myśli się, stosując np.: PLA,

**Uwagi szczegółowe**

Str.

- 2 - co to są wyladowania barierowe; proszę wyjaśnić na tle wyladowań koronowych,
- 7 - pewne fragmenty *Wprowadzenia* powinny znaleźć się we *Wnioskach końcowych* lub w *Podsumowaniu*,
- 12 - jak przebiega proces katalizy za pomocą Pd, (str. 18),
- 15 - odczyn pH czy raczej pOH ????,
- 59 - zwracać uwagę na dobór czcionki w tekście (szczególnie w tytułach podrozdziałów),
- 64 - dot. parametrów mikrokulek – tab. 3.1.; co to znaczy średnia gęstość mikrosfery (gęstość pozorną ???),
- 87 - jakie są grubości warstw powłokowych, czy zawsze są stałe i od czego zależą,
- 88 - moduł zachowawczy ???,
- 145 - jak bada się adhezję ???,
- 147 - pkt. 6.3., ppkt. 5 – wyjaśnić.

(-) B. Królikowski