

## **RECENZJA**

rozprawy doktorskiej mgr inż. **Piotra Grubera**  
pt. „Opracowanie technologii wytwarzania przyrostowego kompozytu o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych”

***Podstawa opracowania: pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Wrocławskiej Prof. dr hab. inż. Zbigniewa Gronostajskiego nr W10/D/30/2023 z dnia 5.04.2023 r.***

### **1. Zasadność podjęcia tematu rozprawy doktorskiej i jej zakres**

Wyzwaniem współczesnej medycyny i farmakologii jest rosnąca oporność szczepów bakteryjnych na terapie antybiotykowe. Problem ten szczególnie stał się ważny w ostatnich latach w kontekście pandemii COVID-19 i związanym z nią istotnym wzrostem powikłań poinfekcyjnych, w dużej grupie populacyjnej prowadzących do nadmiarowych zgonów. Ograniczenie transmisji wirusów, czy bakterii poprzez rozproszone aerozole, czy poprzez dotyk skażonych płynami ustrojowymi powierzchni ciała czy przedmiotów stało się jednym z ważniejszych zagadnień proceduralnych w naszym codziennym życiu. Jednym z postulowanych rozwiązań w tym zakresie stało się opracowanie funkcjonalnych materiałowych o własnościach bakterio i wirusobójczych. Taka tematyka badawczą to złożone zagadnienie z zakresu inżynierii materiałowej, inżynierii produkcji, podstaw konstrukcji, wytrzymałości materiałów, metrologii, czy wreszcie mikrobiologii i farmakologii. Przedstawiona do recenzji praca doktorska zawiera wszystkie powyższe wielowątkowe interdyscyplinarnie zadania badawcze.

Mgr inż. Piotr Gruber w swojej rozprawie doktorskiej podjął się ważnego i aktualnego zadania badawczego, i co najważniejsze o dużym potencjale aplikacyjnym, opracowania koncepcji technologii przyrostowego wytwarzania kompozytu na bazie poliamidu 12 z wypełniaczem metalicznym o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych. Jako metodę wytwórczą zaproponował technologię laserowego spiekania polimerowego (pLS).

Pracę rozpoczyna zwarty, ale wyczerpujący przegląd literaturowy polimerowego spiekania laserowego jako współcześnie stosowanej technologii przetwórstwa polimerów i kompozytów polimerowych. Rozdział 2 zawiera sformułowanie celu i zakresu pracy, które bardzo dobrze ilustruje załączony schemat blokowy poszczególnych etapów przyjętych zadań badawczych. Charakterystyka materiałów wsadowych i napełniaczy kompozytowych w zakresie ich cech morfologicznych, mechanicznych oraz termicznych to z kolei rozdziały 3 i 4. Najważniejsze merytorycznie dla pracy to rozdziały 5 i 6, w których Doktorant przedstawia główne etapy swoich badań dotyczące: modyfikacji stanowiska badawczego poprzez zmniejszenie komory roboczej pozwalające istotnie zredukować objętość wsadu procesorowego, badania i analizę wpływu napełniaczy na własności mechaniczne i biologiczne kompozytów otrzymanych metodą pLS. Pracę kończy rozdział 8 zawierający podsumowanie, wnioski i potencjał wdrożeniowy wynikające z realizacji rozprawy. Na szczególną uwagę w tym punkcie zasługuje zestawienie wykonanych wg opracowanej w rozprawie technologii wybranych elementów konstrukcyjnych o cechach przeciwdrobnoustrojowych, z przedmiotowego kompozytu poliamidowego (PA12) z 0.5% zawartością napełniacza z cząstek srebra, przekazanych jednostce szpitalnej do sprawdzenia ich funkcjonalności eksploatacyjnej w docelowych warunkach klinicznych.

Autor swoje opracowanie przedstawił łącznie na 163 stronach maszynopisu zawierającego tekst, tabele, rysunki, wykaz 347 cytowanych pozycji literaturowych.

## **2. Ocena merytoryczna rozprawy**

Praca ma typowo doświadczalny charakter. W rozprawie doktorskiej mgr inż. Piotr Gruber udowodnił, że posiada rozległą i ugruntowaną wiedzę z zakresu inżynierii materiałowej, technologii przyrostowych oraz instrumentalnych metod badań doświadczalnych własności fizykalnych i funkcjonalnych kompozytów polimerowych. Prawidłowo potrafi ocenić podjęty przez siebie problem oraz właściwie sformułować własne cele badawcze, do realizacji których stosuje dobrze sformułowany plan badań eksperymentalnych oraz zaawansowane narzędzia nowoczesnych metod technologicznych i pomiarowych struktury i morfologii kompozytów, ich własności wytrzymałościowych, termicznych i metrologicznych oraz biologicznych w zakresie cech cytotoksycznych i przeciwdrobnoustrojowych. Wykazał też, że właściwie potrafi skomentować otrzymane wyniki swoich badań na tle osiągnięć badawczych publikowanych przez innych autorów. Do najważniejszych osiągnięć Doktoranta moim zdaniem należy zaliczyć:

- opracowanie przeciwdrobnoustrojowego kompozytu na osnowie PA12 z 0.5% dodatkiem wypełniacza Ag poparte analizą jego morfologii, właściwości wytrzymałościowych, termicznych i analizy wymiarowo-kształtowej,
- opracowanie modyfikacji rozwiązania konstrukcyjnego komercyjnego urządzenia do polimerowego spiekania laserowego EOS Formiga P110 umożliwiające prowadzenie procesu w pomniejszonej przestrzeni roboczej i w efekcie redukujące wsad procesowy o 90%,
- dobór cech technologicznych opracowanego kompozytu do technologii polimerowego spiekania laserowego, szczególnie w kontekście jego właściwości termicznych oraz sypkości,
- potwierdzenie w badaniach mikrobiologicznych zdolności opracowanego kompozytu do hamowania rozrostu kolonii drobnoustrojów dla szczepów bakterii gronkowca złocistego, pałeczki ropy błękitnej oraz grzyba drożdżopodobnego bielnika białego,
- wykazanie braku cytotoksyczności kompozytu dla linii komórkowych keratynocytów i fibroblastów,
- opracowanie i wykonanie prototypów wybranych elementów konstrukcyjnych z przedmiotowego kompozytu do sprawdzenia ich funkcjonalności eksploatacyjnej w docelowych warunkach klinicznych .

W punkcie tym chciałem też podkreślić dotychczasową wysoką aktywność naukową mgr inż. Piotra Grubera – publikacje w uznanych czasopismach naukowych, uczestnictwo w konferencjach naukowych, działalność patentowa, czy udział w zespole realizującym projekt badawczy pt. „, Metoda natychmiastowego wytwarzania przyrostowego części zamiennych i alternatywnych aparatury medycznej oraz środków ochrony indywidualnej w środowisku rozproszonym w sytuacjach kryzysowych – Virtual AM Storage COVID-19”, którego efekty synergistycznie wpisują się w treści recenzowanej pracy.

W podejściu nauko metrycznym Jego dotychczasowy dorobek przedstawia się następująco (wg bazy SCOPUS): 9 prac z listy JCR, 125 cytowań, index h = 3.

### **3. Uwagi krytyczne**

Rozprawę cechuje niezwykle staranne podejście metodyczne w realizacji poszczególnych zadań badawczych. Jako recenzent nie widzę w niej istotnych błędów czy

uproszczeń merytorycznych. W punkcie tym przedstawiam więc tylko nieliczne, na ogół szczegółowe, uwagi krytyczne, które nasunęły mi się po zapoznaniu się z recenzowaną pracą:

- w poszczególnych etapach badań morfologii kompozytów, czy ich własności wytrzymałościowych Autor ogranicza liczebność szarż badawczych do 5 próbek; stanowi to jednak pewne *minimum minimorum* w badaniach eksperymentalnych; standardem jest tutaj grupa badawcza licząca 8 – 12 próbek, co daje możliwość wiarygodnej analizy statystycznej otrzymanych wyników badań; w przypadku badań termicznych techniką skaningowej kalorymetrii różnicowej Doktorant nie podaje liczebności próbek,
- w zakresie badań własności wytrzymałościowych kompozytów Autor stosuje określenie ... *odporność na pękanie w warunkach obciążeń dynamicznych* ... (np. str. 113); zastosowana metoda Charpy’ego wskazuje po prostu na badanie uderzeniowe; w mechanice pękania ocena odporności na pękanie jest zarezerwowana dla wielkości kryterialnych typu: współczynnik intensywności naprężeń, całka J, długość szczeliny, czy rozwarcie wierzchołkowe szczeliny,
- w analizie wykresów statycznej próby rozciągania Autor pominął wartość energii (pracy) zniszczenia; szczególnie dla materiałów polimerowych wielkość ta daje pełniejszą reprezentację ich własności wytrzymałościowych, dodatkowo byłoby to wskazane, gdyż Doktorant poddaje analizie strefy przewężenia próbek i ich przełomy; w tym aspekcie również określenie *Elastyczność (A)* – tab. 23, str. 128 – zastąpiłbym pojęciem Ciągłość lub Podatność,
- w analizie wykresów rozciągania Autor stosuje określenie ... wydłużenie względne w [%]; jakkolwiek dopuszczalne standardem jest tu reprezentacja  $\sigma$  vs  $\varepsilon$  (naprężenie pracuje na bezwymiarowym odkształceniu),
- w Wykazie najważniejszych akronimów wymieniona jest X-ray Computer Tomography; jest to trochę ‘masło maślane’ - metoda tomografii komputerowej z definicji jest metodą rentgenowską.

#### **4. Wniosek końcowy**

Podsumowując stwierdzam, że przedstawiona do oceny rozprawa jest własnym, autorskim, oryginalnym rozwiązaniem postawionego zadania badawczego i zawiera cenne aspekty poznawcze i aplikacyjne w obszarze technologii przyrostowego wytwarzania polimerowego kompozytu o własnościach przeciwdrobnoustrojowych metodą polimerowego

spiekania laserowego. W moim przekonaniu praca jest merytorycznie poprawna, a jej podstawowe zadanie określone celem pracy zostało zrealizowane.

Rozprawę doktorską mgr inż. Piotra Grubera można sklasyfikować w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie naukowej Inżynieria Mechaniczna (dawniej dyscyplina Budowa i Eksploatacja Maszyn).

Opiniowana praca odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim określonym w § 6 ust. 3 rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 roku. W nawiązaniu do przepisów Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668, z późn. zm.) wnoszę o jej przyjęcie i dopuszczenie Autora do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Wrocławskiej.

Równocześnie ze względu na bardzo szeroki, kompleksowy i spójny program badań zrealizowany w rozprawie oraz dotychczasową aktywność naukową Doktoranta stawiam formalny wniosek o wyróżnienie tej pracy.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Gruber'.