



Rzeszów, 24.05.2026 r.

dr hab. inż. Wiesław Frącz  
Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa  
Politechnika Rzeszowska  
al. Powstańców Warszawy 8  
35-029 Rzeszów

### Recenzja

Rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. **Patryka Suronia**

pt. „**Kształtowanie właściwości eksploatacyjnych hybrydowych nanokompozytów epoksydowych do zastosowań w inżynierii mechanicznej**”

Podstawą recenzji była uchwała Nr 000-4/4/2026 Senatu Uniwersytetu Radomskiego im. Kazimierza Pułaskiego z dnia 23 kwietnia 2026 r. w sprawie wyznaczenia recenzentów rozprawy doktorskiej.

### Informacje o ocenianej rozprawie doktorskiej

Rozprawa mgr inż. Patryka Suronia „**Kształtowanie właściwości eksploatacyjnych hybrydowych nanokompozytów epoksydowych do zastosowań w inżynierii mechanicznej**”, została wykonana pod opieką promotorki dr hab. inż. Anity Białkowskiej, prof. UR.

### PODSTAWOWE DANE O DOKTORANCIE

Tytuł magistra Doktorant uzyskał 27 kwietnia 2018 roku na wydziale Materiałoznawstwa, Technologii i Wzornictwa Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu. Wcześniej nie ubiegał się o stopień doktora.

### ETAPY KSZTAŁCENIA

2018 - 2023 Uczestnik studiów doktoranckich III-go stopnia



Otrzymałam, dn. 26.06.2026

L. dz. 56/2026

Sekcja Rozwoju Kadry Naukowej



Dziedzina nauki: nauki techniczne

Dyscyplina naukowa: inżyniera mechaniczna

Uniwersytet Technologiczno – Humanistyczny im. K. Pułaskiego w Radomiu,

2018                      Stopień magistra w zakresie Technologii Chemicznej, chemia i technologia polimerów  
Uniwersytet Technologiczno – Humanistyczny im. K. Pułaskiego

Tytuł pracy magisterskiej: Badanie właściwości adhezyjnych nanokompozytów żywicy poliestrowej nienasyconej, zmodyfikowanej poliuretanem

Promotor: prof. dr hab. inż. Mohamed Bakar

2016                      Tytuł inżyniera w zakresie Technologii Chemicznej  
Uniwersytet Technologiczno – Humanistyczny im. K. Pułaskiego

Tytuł pracy inżynierskiej: Badanie właściwości lepkością nanokompozytów epoksydowych modyfikowanych poliuretanem kondensacyjnym

Promotor: prof. dr hab. inż. Mohamed Bakar

## DOŚWIADCZENIE ZAWODOWE

2018-2026              PPHU Bochemia Grzegorz Bąba

Zajmowane obecnie stanowiska: technolog działu R&D

Przebieg ścieżki zawodowej w firmie Bochemia:

- 1 - stanowisko laboranta w dziale kontroli jakości, gdzie odpowiadał za badanie surowców, półproduktów i wyrobów gotowych oraz weryfikację ich zgodności z wymaganiami jakościowymi.
- 2 - stanowisko specjalisty produkcji półtechnicznej klejów i laminacji, co pozwoliło mu zdobyć praktyczne doświadczenie w przygotowywaniu receptur, prowadzeniu prób technologicznych oraz optymalizacji procesów produkcyjnych.





3 - stanowisko technologa w dziale badań i rozwoju (R&D), w którym zajmuje się opracowywaniem i doskonaleniem produktów, realizacją projektów badawczo-rozwojowych, wdrażaniem nowych technologii oraz wsparciem procesów produkcyjnych.

Dzięki pracy na różnych stanowiskach Doktorant zdobył kompleksową wiedzę i doświadczenie obejmujące kontrolę jakości, technologię produkcji oraz rozwój nowoczesnych materiałów i produktów chemicznych.

### **Dorobek naukowy Doktoranta**

Konferencje, publikacje, patenty:

#### **Publikacje**

1. Suroń, P., Białkowska, A., Bakar, M., Hanulikova, B., Masař, M., & Kroisová, D. (2025). Ternary Epoxy Nanocomposites with Synergistic Effects: Preparation, Properties Evaluation and Structure Analysis. *Polymers*, 17(2), 158. (czasopismo z wykazu MEiN 100 punktów)
2. Białkowska, A., Suroń, P., Kucharczyk, W., Hanulikova, B., & Bakar, M. (2024). Synergistic Toughening and Strengthening of an Epoxy Resin Modified by the Simultaneous Use of Two Different Modifiers. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences*, e149176-e149176. (czasopismo z wykazu MEiN 100 punktów)
3. Sola, M., Wojtal, P., Przybyłek, M., Suroń, P., & Bakar, M. (2021). Optymalizacja właściwości użytkowych wybranych nanokompozytów elastomerowych. *Modelowanie Inżynierskie*, 42. (czasopismo z wykazu MEiN 5 punktów)
4. Suroń, P., Białkowska, A. T., & Bakar, M. (2021). Badanie wpływu rodzaju nanocząstek na właściwości adhezyjne poliestrowej żywicy nienasyconej modyfikowanej poliuretanem. *Modelowanie Inżynierskie*, 42(73). (czasopismo z wykazu MEiN 5 punktów)

#### **Udział w konferencjach**

1. XVIII Konferencja Naukowo Techniczna Polimery i kompozyty konstrukcyjne 2019, Poster: „Badanie wpływu rodzaju nanocząstek na właściwości adhezyjne poliestrowej żywicy nienasyconej modyfikowanej poliuretanem”, Szczyrk, 24-27 września 2019
2. XVII Konferencja Naukowo Techniczna Polimery i kompozyty konstrukcyjne 2018, Poster: Badania właściwości nanokompozytów żywicy epoksydowej zmodyfikowanej kauczukiem reaktywnym, Gliwice – Szczyrk, 08 - 11 maja 2018.





### Ocena układu rozprawy doktorskiej

Praca obejmuje 267 stron (wraz ze spisem rysunków i tabel) i zawiera: streszczenie w j. polskim i angielskim, wprowadzenie, przegląd stanu wiedzy, cel pracy, część badawczą, w której znajduje się opis materiałów i metod badawczych, oraz wyników badań. Pracę zamyka podsumowanie i wnioski końcowe. Jednak po wnioskach końcowych Doktorant zamieścił jeszcze dwa rozdziały poświęcone badaniom tribologicznym oraz symulacjom komputerowym zachowania się badanych materiałów w wybranych testach mechanicznych. Umieszczenie tych rozdziałów w tym miejscu jest zastanawiające. Pracę kończą: spis literatury, rysunków i tabel. Praca zawiera 88 rysunków oraz 20 tabel zamieszczonych w 10 rozdziałach, podzielonych ogółem na 18 podrozdziałów.

Praca mgr inż. Patryka Suronia ma typowy dla prac doktorskich układ. Cel pracy znalazł się we właściwym miejscu czyli pomiędzy częścią literaturową a częścią badawczą. Brakuje przedstawienia zakresu pracy. Praca nie zawiera także tezy lub tez pracy, co nie jest normą w tego typu pracach. Udział części literaturowej stanowi ok. 50% pracy. Przegląd literatury jest bardzo szczegółowy. Ta część opracowania jest obszerna. Natomiast brakuje w niej wyraźnego wskazania luk badawczych w zakresie analizy literatury związanej z analizowanym zagadnieniem oraz podjętymi, w części badawczej, zadaniami. Autor nie przedstawił także wyników przeprowadzonych wstępnie badań, które podkreślałyby pracochłonność wykonanych zadań, ich wielorakość oraz klasyczne, naukowo - badawcze działanie. Wnioskuje się więc, że wstępnie ustalone i przyjęte parametry i zawartości modyfikatorów wprowadzono uznaniowo, np. zgodnie z danymi literaturowymi.

Praca została napisana poprawnym językiem. Dobrze się ją czyta, głównie w zakresie części badawczej. Jedynie w niektórych miejscach zawiera drobne niedociągnięcia, szczególnie w części analizy literatury. Pojawiają się drobne błędy stylistyczne, redakcyjne i tzw. literówki. Autor zasadniczo stosuje w tekście poprawne sformułowania naukowe, nie posługuje się pojęciami zwyczajowymi lub „żargonem branżowym”. Odnośniki do literatury są podawane właściwie, w kolejności pojawiania się aczkolwiek w kilku przypadkach mamy do czynienia ze zdublowaniem pozycji literatury w spisie literatury, przez co liczba pozycji literatury jest większa niż w rzeczywistości. Praca zawiera także wykaz stosowanych w niej skrótów i oznaczeń używanej często terminologii anglojęzycznej.

### Ocena zastosowanego piśmiennictwa

Autor zawarł w bibliografii 327 pozycji literatury. Najstarsze z pozycji pochodzą z lat 1998, 1993, a nawet z 1988 roku. Najważniejszym rdzeniem tematycznym bibliografii są obszary: żywice epoksydowe i ich modyfikacja, (chemia żywic epoksydowych, poprawa odporności na pękanie, modyfikacja poliuretanami, kauczukami, kopolimerami blokowymi i nano-napełniaczami); nanokompozyty epoksydowe; kompozyty polimerowe wzmocnione włóknami i napełniaczami, włókna naturalne, szklane, węglowe, aramidowe, juta, sisal, bananowe, bambusowe; właściwości mechaniczne, cieplne i tribologiczne. Wiele pozycji odnosi się do wytrzymałości, modułu, odporności na pękanie, ścierania, zużycia, przewodnictwa cieplnego, przewodnictwa elektrycznego, DMA i DSC.

W kontekście konkretnie kompozytów epoksydowych / epoksydowo-poliuretanowych / nanokompozytów epoksydowych, część zamieszczonej literatury o kompozytach metalowych, kompozytach ceramicznych, klasyfikacji wszystkich typów kompozytów, zastosowaniach kosmicznych i lotniczych CMC, nanomateriałach dentystycznych lub biomedycznych, nie jest bezpośrednio związana z głównym tematem pracy.





Zacytowane przez Doktoranta pozycje literaturowe zostały dobrane właściwie, a ich zawartość została faktycznie wykorzystana w Dysertacji. Znalaziono jednak pozycje, które w spisie literatury się dublują: 3 i 7, 22 i 43, 38 i 50, 148 i 159, 179 i 181, 180 i 182, 271 i 274, 273 i 275. Problemy występują także z jednorodnością ich zapisu w spisie literatury. Przedstawiona w spisie bibliografia obejmuje jednocześnie kilka stylów jej zapisu, a niektóre jej pozycje wymagają uzupełnienia danych bibliograficznych (np. 13, 24, 315). Brakuje jednolitego stylu jej zapisu. Bibliografia jest merytorycznie bogata, ale edycyjnie niejednorodna.

Na s. 197 i innych Doktorant zapowiada wprowadzenie informacji dodatkowych do pracy w dołączonym suplemencie. Niestety zapowiadanego suplementu praca ta nie zawiera.

### **Ocena celu rozprawy doktorskiej**

W rozdziale „Cele pracy”, mgr inż. Patryk Suroń przedstawił cel rozprawy. Głównym celem pracy było przedstawienie sposobu kształtowania właściwości eksploatacyjnych (mechanicznych, termicznych) epoksydowych nanokompozytów hybrydowych poprzez dobór składu i metodyki ich wytwarzania warunkujących uzyskanie pożądanych cech funkcjonalnych, mechanicznych i użytkowych wytworzonych materiałów mających zastosowanie w różnych dziedzinach inżynierii mechanicznej. Celem naukowym pracy było określenie mechanizmu oddziaływania integralnych składników kompozycji warunkującego ww. właściwości opracowanych kompozytów. Podjęcie prac w tej tematyce jest jak najbardziej uzasadnione.

Do osiągnięcia celu głównego i naukowego pracę zrealizowano w następujących etapach:

I. Analiza literatury;

II. Wytwarzanie wyselekcjonowanych kompozytów binarnych – wytypowanie najlepszej zawartości danego modyfikatora; określenie postaci wzmocnień MMT - in situ/dyspersja; określenie warunków mieszania mechanicznego oraz ultradźwiękowego;

III. Wytwarzanie różniących się składem nanokompozytów hybrydowych (z matrycy i wytypowanej w etapie II ilości danego rodzaju jednego modyfikatora i zmiennych ilości drugiego napełniacza). Etap ten wykonano przez: określenie ich składu warunkującego poprawienie właściwości; wytypowanie nanokompozytów hybrydowych, w których występuje zjawisko synergii między użytymi do ich otrzymywania surowcami; wykorzystanie metod projektowania eksperymentu w celu określenia zasadności prowadzenia badań uzupełniających w przypadku braku poprawy właściwości mechanicznych przy zastosowaniu standardowych metod badawczych;

IV. Analiza struktury nanokompozytów hybrydowych w celu określenia rodzaju i intensywności oddziaływań między składnikami;

V. Propozycja potencjalnych zastosowań otrzymanych hybrydowych nanokompozytów epoksydowych, w których stwierdzono efekt synergii.

Po osiągnięciu powyższego celu pracy, w ramach badań rozszerzających wykonano badania właściwości trybologicznych oraz badania symulacyjne rozkładu naprężeń i mechanizmu propagacji pęknięcia dla wybranych kompozytów i sposobów obciążeń. Wykonane w ten sposób analizy pozwalają na opracowanie dalszych kierunków badań nad tymi materiałami i dokładniejsze dopasowanie ich do potencjalnych zastosowań.

W pracy nie sformułowano tezy.





## Ocena zastosowanych metod badawczych

Autor rozprawy przedstawił w osobnym rozdziale zastosowane metody badawcze, stosowane urządzenia oraz testy. Wykorzystał w pracy bardzo szeroki zakres metod dla wytwarzanych kompozytów binarnych oraz hybrydowych, na który składały się badania właściwości mechanicznych (udarność, współczynnik KC propagacji pęknięcia, statyczna próba zginania trójpunktowego, badania zużycia ściernego) a także badania instrumentalne chemiczne (spektroskopia w podczerwieni z transformacją Fouriera, FTIR), cieplne (DSC, DMA), oraz badanie strukturalne (SEM). W zakresie badań składu chemicznego wytwarzanych kompozytów wykorzystał metody stosowane w charakterystyce zarówno osnowy jak i napełniacza. W badaniach systemu epoksydowego (żywica modyfikator + utwardzacz) zastosował wiele zaawansowanych metod jak spektroskopia w podczerwieni. Badania morfologii i mikrostruktury kompozytu wykonano za pomocą mikroskopii skaningowej (SEM). Badania odporności cieplnej kompozytów przeprowadzono metodą termoanalityczną z wykorzystaniem również (TGA/DSC). Powyższe metody zostały dobrane właściwie, a ich metodyka poprawnie opisana. Wyniki przeprowadzonych badań i analiz zostały wystarczająco dokładnie zinterpretowane. Dla niektórych kompozytów przeprowadzono także badania tribologiczne z zapewnieniem niezmiennych warunków tarcia. W rozdziale X wykonano także eksperymenty numeryczne w zakresie statycznych analiz z wykorzystaniem komercyjnego oprogramowania Ansys 2025R2.

Ilość zastosowanych metod jest, z badawczego punktu widzenia, bardzo duża. Doktorant zastosował aktualne, nowoczesne metody badawcze i przeprowadził kompleksowe badania opracowanych i wytworzonych kompozytów. Metody te dobrane właściwie, wykorzystując niejednokrotnie ich bardzo zaawansowane możliwości stosowanej aparatury. Interpretacja wyników wymagała wiedzy specjalistycznej.

## Ocena merytoryczna pracy

Praca jest merytorycznie poprawna. Jej zasadniczym celem było przedstawienie sposobu kształtowania właściwości eksploatacyjnych (mechanicznych, termicznych) epoksydowych nanokompozytów hybrydowych poprzez dobór składu i metodyki ich wytwarzania warunkujących uzyskanie pożądanych cech funkcjonalnych, mechanicznych i cieplnych wytworzonych materiałów o wysokim potencjale zastosowania w różnych dziedzinach inżynierii mechanicznej oraz określenie mechanizmu oddziaływania integralnych składników kompozycji warunkującego ww. właściwości opracowanych kompozytów. Podjęcie prac w tej tematyce jest jak najbardziej uzasadnione. W założeniach opracowana technologia wytwarzania kompozytów hybrydowych jest metodą pragmatyczną. Zastosowanie metod projektowania eksperymentu jest tylko dodatkowym, ale istotnym elementem tej pracy.

Rozprawa doktorska składa się z dwóch integralnych części.

Pierwsza z nich zawiera przegląd literaturowy przedstawiający krótką historię materiałów kompozytowych, charakterystykę stosowanych matryc i napełniaczy w kompozytach o osnowie polimerowej ze szczególnym naciskiem na kompozyty epoksydowe. Przedstawiono najnowsze kierunki badań i zastosowań kompozytów o osnowie z żywicy epoksydowej. Opisano również struktury hybrydowe jako lepszą alternatywę dla standardowych binarnych kompozytów. Skupiono się nad stosowanymi powszechnie sposobami badania tych innowacyjnych materiałów oraz oznaczaniu ich





właściwości, w tym sposobie oceny właściwości charakteryzujących te materiały, ze szczególnym naciskiem na właściwości mechaniczne i termiczne.

Druga część rozprawy doktorskiej zawiera część eksperymentalną.

W części badawczej opisano proces wytwarzania kompozytów epoksydowych, które cechowały się właściwościami mechanicznymi i cieplnymi pozwalającymi je zastosować w inżynierii mechanicznej. W pierwszym etapie pracy matrycę polimerową Epidian 52 modyfikowano jednym modyfikatorem. Otrzymano, dzięki temu kompozyty/nanokompozyty binarne. W drugim etapie pracy użyto dwóch modyfikatorów, aby otrzymać kompozyty hybrydowe. Stosowano różne ilości jednego z czterech (w kompozytach binarnych) lub dwóch z czterech (w kompozytach hybrydowych) modyfikatorów: tj. modyfikatora polimerowego - poliuretanu (Desmocap 12) lub nanoglinek – warstwowych montmorylonitów (MMT) o zmodyfikowanej powierzchni (Nanomer I.28E), lub bez jej modyfikacji (Cloisite Na+), lub niemodyfikowanych powierzchniowo nanorurek węglowych (CNT). Składniki kompozycji mieszano dwuetapowo tj. za pomocą mieszadła mechanicznego i kolejno za pomocą mieszadła ultradźwiękowego (sonikacji).

Kompozyty binarne (z Epidian 52 i różnych ilości jednego ze stosowanych modyfikatorów tj. Desmocap 12 lub Nanomer I.28E lub Cloisite Na+ lub CNT) wytwarzano stosując różne czasy sonikacji komponentów i oznaczono ich właściwości mechaniczne. Na tym etapie ustalono ilości użytego modyfikatora oraz czas jego dyspergowania ultradźwiękami w matrycy epoksydowej zapewniające otrzymywanym kompozytom binarnym możliwe najlepsze właściwości: udarność, wytrzymałość na zginanie trójpunktowe, małą propagację pęknięcia. Na podstawie oznaczonych właściwości kompozytów binarnych wytypowano, do dalszych badań, materiał charakteryzujący się najlepszą charakterystyką mechaniczną. Stanowiło to podstawę do wyznaczenia, nazwanych jako optymalne: ilości modyfikatora i parametrów sporządzania kompozycji (czasu sonikacji) warunkujących najlepsze właściwości mechaniczne wytworzonych materiałów.

Żywicę epoksydową, wprowadzone w optymalnej ilości do Epidian 52 nanonapełniacze (Nanomer I.28E lub Cloisite Na+ lub CNT) oraz różne ilości jednego z pozostałych modyfikatorów dyspergowano we wcześniej wyznaczonych dla kompozytów binarnych optymalnych warunkach uzyskując tym samym nanokompozyty hybrydowe. Kolejno przeprowadzono ocenę ich właściwości mechanicznych i termicznych. Właściwości wytworzonych materiałów analizowano z uwzględnieniem zarówno występowania synergizmu pomiędzy stosowanymi składnikami kompozycji, jak i struktury wytworzonych kompozytów. Na podstawie wyników badań właściwości otrzymanych materiałów kompozytowych wskazano potencjalne kierunki zastosowań wytypowanych w pracy nanokompozytów, charakteryzujących się odpornością termiczną oraz zadowalającymi właściwościami mechanicznymi.

Dodatkowym elementem rozważań była analiza uzyskanych wyników badań termomechanicznych w aspekcie zależności pomiędzy zastosowanymi modyfikatorami (ich rodzajem i ilością), a możliwością istnienia interakcji pomiędzy stosowanymi komponentami.

Ponadto wykorzystano statystyczne metody planowania eksperymentu.

Osiągnięto zatem cel główny pracy jakim było takie ukształtowanie właściwości mechanicznych i termicznych hybrydowych kompozytów epoksydowych, aby właściwości te pozwalały na ich wykorzystanie na elementy maszyn lub do innych zastosowań w obszarze inżynierii mechanicznej. Zrealizowano również cel naukowy. Podjęto bowiem próbę opisu mechanizmów interakcji pomiędzy stosowanymi składnikami nanokompozytów warunkującej poprawę, istotnych z punktu widzenia użytkownika, właściwości mechanicznych i termicznych.





Przeprowadzono również wstępną ocenę odporności na ścieranie dla kompozytów hybrydowych wykazujących efekt synergii. Ponadto zastosowano analizę numeryczną w celu modelowania rozkładu naprężeń i odkształceń w materiale. Uzyskane wyniki stanowią podstawę do opracowania dalszego planu badań nad tym materiałem w przyszłości. Cel został osiągnięty.

Za wyjątkowo cenne w rozprawie uważam:

1. Potwierdzenie efektu synergii: Kluczową wartością badań jest udowodnienie, że jednocześnie zastosowanie dwóch różnych modyfikatorów (np. poliuretanu i nanoglinek lub nanoglinek i nanorurek węglowych) pozwala uzyskać właściwości mechaniczne przewyższające systemy binarne (oparte tylko na jednym modyfikatorze).
2. Wielowymiarowa ocena właściwości: Praca charakteryzuje się kompleksowym podejściem do analizy materiałów. Oceniano nie tylko właściwości mechaniczne (wytrzymałość na uderzenia, wytrzymałość na zginanie, odporność na propagację pęknięć), ale także termiczne (TGA, DSC) oraz strukturalne i morfologiczne (FTIR, SEM).
3. Wyjaśnienie mechanizmów wzmacniania: Doktorant skutecznie powiązał wyniki testów mechanicznych z analizami mikroskopowymi (SEM) oraz spektroskopowymi (FTIR). Wykazał, że poprawa właściwości wynika z konkretnych interakcji między grupami reaktywnymi żywicy a modyfikatorami, a także z formowania się odpowiednich struktur (np. wydłużone płytki, szorstkość powierzchni przełomu, sieci IPN).
4. Optymalizacja procesów przygotowania: W badaniach zwrócono uwagę na istotność sekwencji mieszania składników oraz parametrów (np. czasu i amplitudy sonikacji), co jest kluczowe dla uzyskania optymalnej dyspersji nanocząstek warunkujących finalne właściwości użytkowe kompozytów.
5. Potencjał aplikacyjny: Wyniki pracy wskazują na realne możliwości zastosowania opracowanych kompozytów w trudnych warunkach eksploatacyjnych, co rozszerza zakres użyteczności konwencjonalnych żywic epoksydowych o nowoczesne zastosowania w przemyśle lotniczym, motoryzacyjnym czy budowlanym.
6. Mocną stroną pracy są także zastosowane metody badawcze i ich świadome użycie w badaniach.

### Pytania dotyczące rozprawy

W pracy zrealizowano bardzo dużą ilość badań. Może właśnie z tego powodu Dysertacja generuje drobne wątpliwości i pytania w niektórych kwestiach:

### Pytania do pracy

1. Ile próbek stosowano do oszacowania każdej właściwości? Brakuje informacji statystycznej a w niektórych przypadkach powołania się na konkretne normy, wg których przeprowadzano próby.
2. Czy można oszacować koszty wytwarzanych kompozytów w porównaniu z klasycznymi komercyjnymi materiałami? Czy przeprowadzono wstępny rachunek ekonomiczny?
3. Dlaczego synergizm jest istotny dla nanokompozytów hybrydowych? Proszę zdefiniować sposoby jego określania.





4. Jaki jest mechanizm oddziaływania składników w kompozytach i nanokompozytach warunkujący poprawę właściwości mechanicznej. Zdefiniować i omówić.
5. W jaki sposób można kształtować właściwości kompozytów i nanokompozytów binarnych i hybrydowych?
6. Proszę uzasadnić, że udarność i współczynnik  $K_{IC}$  określają odporność na propagację pęknięcia.
7. Wykonano symulacje propagacji pęknięć i zginania w programie Ansys 2025. Nie przedstawiono wcześniej żadnych założeń do symulacji ani wymaganych właściwości materiałowych. Jaki model obliczeń stosowano? Jaki typ materiału założono? Czy w symulacjach przyjęto materiał jednorodny czy kompozytowy? Jakiego rzędu elementy skończone (ES) zastosowano? Ile warstw ES na przekroju zastosowano?
8. Jak określono właściwości mechaniczne kompozytów wartość modułu Younga, liczbę Poissona oraz krzywą naprężenie - odkształcenie z jednoosiowej próby rozciągania niezbędne do przeprowadzenia symulacji komputerowych testów mechanicznych kompozytów.
9. Na podstawie uzyskanych wyników proszę wytypować epoksydowy nanokompozyt hybrydowy przewidziany do dalszych badań.

#### **Ocena czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie oraz umiejętność prowadzenia pracy naukowej**

Rozprawa doktorska mgr inż. Patryka Suronia jest interesującą pracą naukową. Doktorant wykazał się wiedzą teoretyczną, doświadczeniem badawczym i umiejętnością prowadzenia pracy naukowej. Część wyników badań związanych z rozprawą doktorską przedstawił m. in. w publikacji JCR (IF=4,9 pkt, 100 pkt), której jest pierwszym autorem i publikacji JCR (IF=1, 100 pkt), której jest współautorem. Wyniki badań przedstawił także na konferencjach.

#### **Ocena możliwości praktycznego zastosowania wyników badań**

Praca ma duży potencjał aplikacyjny. Jej wyniki wskazują na realne możliwości zastosowania opracowanych kompozytów w trudnych, dla żywic epoksydowych, warunkach eksploatacyjnych, co rozszerza zakres użyteczności konwencjonalnych żywic epoksydowych o nowoczesne zastosowania w przemyśle lotniczym, motoryzacyjnym czy budowlanym.

#### **Ocena oryginalności rozwiązania naukowego**

Problem postawiony przez Doktoranta tj. przedstawienie sposobu kształtowania właściwości eksploatacyjnych (mechanicznych, termicznych) epoksydowych nanokompozytów hybrydowych poprzez dobór składu i metodyki ich wytwarzania warunkujących uzyskanie pożądaných cech funkcjonalnych, mechanicznych i użytkowych wytworzonych materiałów mających zastosowanie





w różnych dziedzinach inżynierii mechanicznej został oryginalnie rozwiązany. Z naukowego punktu widzenia mechanizm oddziaływania integralnych składników kompozycji warunkujących ww. właściwości opracowanych kompozytów wymagał oryginalnego podejścia przez konieczność równoczesnego analizowania wpływu modyfikacji kompozytów jak i parametrów technologicznych procesu otrzymywania kompozytów. Uważam, że został on również oryginalnie rozwiązany.

W związku z tym, że w literaturze światowej niewiele jest pozycji zajmujących się wykorzystaniem, w tak szerokim aspekcie tematyki epoksydowych kompozytów hybrydowych, a te, które są odnoszą się najczęściej albo do innych metod wytwarzania albo innych modyfikatorów podjętą w rozprawie tematykę należy uznać za aktualną i o istotnym znaczeniu.

Ponadto kompozyty polimerowe na bazie żywic epoksydowych z różnymi typami modyfikatorów (liniowe, dwuwymiarowe i trójwymiarowe) to innowacyjne materiały konstrukcyjne, które mogą znaleźć zastosowanie w szerokim spektrum inżynierii mechanicznej.

Wartością dodaną opracowanej dysertacji jest wyjaśnienie mechanizmów wzmacniania. Doktorant skutecznie powiązał wyniki testów mechanicznych z analizami mikroskopowymi (SEM) oraz spektroskopowymi (FTIR). Wykazał, że poprawa właściwości wynika z konkretnych interakcji między grupami reaktywnymi żywicy a modyfikatorami, a także z formowania się odpowiednich struktur (np. wydłużone płytki, szorstkość powierzchni przelomu, sieci IPN).

#### **Ocena, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia prac naukowych**

Rozprawa prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie. Potwierdza to: szerokie spektrum badań wykonanych w przedstawionej dysertacji oraz obszerna analiza literatury i umiejętność jej wyboru. Z uwagi na szeroki wachlarz zagadnień objętych zagadnieniami badawczymi przedstawionymi w pracy Kandydat jest bardzo dobrze przygotowany do prowadzenia własnych prac naukowych.

#### **Uwagi krytyczne i redakcyjne**

W pracy znajduje się kilka sentencji w tekście, które należy wyjaśnić i w kontekście przyszłych publikacji skorygować. Do takich zdań należą:

s. 49 - Proszę wyjaśnić stwierdzenie: " włókna ciągłe charakteryzują się zasadniczo jedną wyjątkowo długą osią, a pozostałe dwie osie są często okrągłe lub prawie okrągłe; kompozyt wzmocniony włóknami nazywany jest kompozytem włóknistym" - o jakie osie chodzi?

s. 59 - Proszę określić poprawność stwierdzenia: " Łódzie z włókna szklanego są jednymi z najbardziej znanych przykładów, ponieważ włókno szklane jest kompozytem, w którym włókna szklane mogą być losowo rozmieszczone lub posiekane jako mata lub polimer matrycowy wzmocniony tkaniną.

s. 66. Co autor miał na myśli w zdaniu: "Najlepsze wyniki uzyskano dla odgazowanego i zmodyfikowanego frezowanego kompozytu wzmocnionego epoksydowym włóknem węglowym, który





zwiększył wytrzymałość na rozciąganie, wydłużenie, moduł Younga i udarność odpowiednio o 12%, 17%, 19% i 27%.

s. 118 - Autor stwierdza: "...obróbka powierzchniowa poprawia wydajność włókien naturalnych w kompozytach wzmocnionych włóknami hybrydowymi, w szczególności włóknem szklanym." - czy to stwierdzenie jest poprawne? O jaką wydajność chodzi?

s. 121 - Autor stwierdza: "Pojedynczy zintegrowany projekt, który pozwala na zmiany więcej niż jednego czynnika na raz i pozwala na określenie efektów interakcji, a także dostarcza więcej informacji na temat efektów człowieka" - czy właściwe jest to stwierdzenie?

s. 123 - Autor stwierdza: „Zastosowanie DOE w przyszłości można przewidzieć za pomocą modelu regresji liniowej, który opiera się na danych z przeszłości z ponad 18 lat” - czy to zdanie jest poprawne?

s. 141. Autor stwierdza: ..."Mieszanka modyfikowana 5% PU wyróżnia się na tle pozostałych kompozytów binarnych EP/PU"... Jaką mieszankę autor ma na myśli?

s. 173, rys. 37, Dlaczego poziom krzywej DSC dla EP (Epidian 52) jest inny niż na rys. 30?

s. 175, 180 - Autor stwierdza w wielu miejscach, np.: "Jednakże wprowadzenie w skład żywicy 0,5% lub 2% MMT skutkuje wyraźnym zmniejszeniem powierzchni piku świadczącym o interakcji grup O-H z taką ilością MMT" - czy powierzchnia piku jest właściwym stwierdzeniem?

s. 191, 199, 206 - Autor wprowadza równania (bez numeracji), które nazywa równaniami płaszczyzny ...Czy chodzi o równanie powierzchni?

s. 226 - Autor stwierdza: "Z kolei nanokompozyt zawierający 0,5% montmorylonitu wykazuje wyższą wytrzymałość na rozciąganie (81 MPa) oraz istotnie większą stabilność termiczną, przekraczającą 272°C". Nie przedstawiono badań w pracy związanych z próbą rozciągania. Na jakiej podstawie określono te właściwości?

s. 233 - Autor stwierdza: "Kompozycje, dla których odnotowano poprawę badanych właściwości, pokrywają się z kompozycjami, dla których odnotowano poprawę właściwości mechanicznych." Czy to stwierdzenie jest właściwe?

#### Uwagi redakcyjne

W pracy występują tzw. literówki i błędy redakcyjne, które nie stanowią o wartości merytorycznej pracy.

s. 51 - Obce słownictwo w stwierdzeniu: ..."Warto również wspomnieć o z-pinningu...."





- s. 65 - Styl zdania: "Gdy naprężenia działają prostopadle do ułożenia włókien z czego oblicza się moduł poprzeczny i poprzeczną wytrzymałość".
- s. 66, rys. 45 - Niewłaściwy podpis rysunku.
- s. 72 i 73. - W opisie wielkości cząstek modyfikatora użyto mylnie jednostki [mm] zamiast [nm]
- s. 75 - Obce słownictwo w stwierdzeniu:....w nanocząstkach gumy występuje tylko „debonding”
- s. 96 - Niewłaściwa jednostka w zdaniu "Udarność folii jest o 15 kg cm wyższa niż w przypadku czystej żywicy"
- s. 105, 106, 114 - Nieproporcjonalna wielkość czcionki w równaniach
- s. 105, 106, 112, 114 - Oznaczenia zmiennych w równaniach ...(legendy)
- s. 108 - Powtórzony akapit w tekście: "Niesprężyste mechanizmy.....w żywicach epoksydowych"
- s. 115 - Nie dokończone zdanie: "Wyższa masa cząsteczkowa oznacza wyższą odporność na uderzenie, do osiągnięcia pewnego poziomu, powyżej którego ustala się"
- s. 122 - Autor wymienia typy projektów...wśród nich jest „robust design”... stosowanie słownictwa anglojęzycznego w tekście nie jest właściwe?
- s. 143, rys. 14 - Brak opisu rysunków a ) i b)
- s. 146 - Wydaje się że pomyłono opisy struktur kompozytowych przedstawionych na rys. 16,
- s. 180 - Rys. 43a jest mało czytelny
- s. 187 - Zdanie "Próbka zawierająca 3,5% PU...." nie jest dokończona
- s. 164 - Niewłaściwy podpis pod rys. 31
- s. 180 - Podpis pod rys. 43 zawiera anglojęzyczne słowa
- s. 181 - Rys. 44 jest mało czytelny
- s. 232 - Użycie w tekście stwierdzenia: „automotive” nie jest poprawne
- s. 234 - Stosowanie uproszczeń w nazewnictwie: np. s. 234: „kompozyty hybrydowe zawierające 1% nanorurek i różne wartości PUR”, s. 227 - używanie stwierdzenia NCT/Nanomer...itp.





**POLITECHNIKA  
RZESZOWSKA**  
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

al. Powstańców Warszawy 12, 35-029 Rzeszów  
tel.: +48 17 865 1100, e-mail: kancelaria@prz.edu.pl  
prz.edu.pl

### Podsumowanie oceny rozprawy doktorskiej

Biorąc pod uwagę przedstawione powyżej moje opinie częściowe stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Patryka Suronia pt. **"Kształtowanie właściwości eksploatacyjnych hybrydowych nanokompozytów epoksydowych do zastosowań w inżynierii mechanicznej"** jest wartościowa z punktu widzenia innowacyjności, ważności i aktualności poruszanego zagadnienia oraz spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązującą Ustawę z dnia 20 lipca 2018, Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz. U. 2024, poz. 1571), dlatego wnioskuję o dopuszczenie jej Autora do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej **Uniwersytetu Radomskiego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu**. Mimo drobnych uwag krytycznych, wynikających głównie z dużej objętości pracy a biorąc pod uwagę istotność oraz aktualność podejmowanej tematyki a także ogromną pracowitość w realizacji pracy oraz jej wysoką wartość poznawczą i naukową wnioskuję o jej wyróżnienie.

*Wiesław Fijał*



WYDZIAŁ  
BUDOWY MASZYN  
I LOTNICTWA  
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

al. Powstańców Warszawy 8, 35-029 Rzeszów  
tel.: +48 17 865 1755, e-mail: rm@prz.edu.pl  
wbmil.prz.edu.pl