

Prof. dr hab. inż. Mariusz Oleksy
Katedra Kompozytów Polimerowych
Wydział Chemiczny
Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza
35-959 Rzeszów, Al. Powstańców Warszawy 6
e-mail: molek@prz.edu.pl

Rzeszów, dnia 14.03.2025 r.

OCENA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Jakuba Smolenia
pt. *„Odporność laminatów polimer-włókno na działanie promieni ultrafioletowych”*

wykonanej pod kierownictwem dr hab. inż. Mateusza Kozioł, prof. PŚ na Wydziale Inżynierii
Materiałowej Politechniki Śląskiej

Recenzja wykonana na podstawie pisma nr RDIMa.512.14.2024 z dnia 22.01.2025 r.

Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynierii Materiałowej Politechniki Śląskiej
prof. dr hab. inż. Adama Grajcara

Ocenę opracowano na podstawie przekazanej mi pracy doktorskiej pt. *„Odporność laminatów polimer-włókno na działanie promieni ultrafioletowych”* obejmującej opracowanie Doktoranta zawarte na 212 stronach.

Informacje ogólne dotyczące pracy doktorskiej i dorobku naukowego

Przedłożona mi do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Jakuba Smolenia zatytułowana *„Odporność laminatów polimer-włókno na działanie promieni ultrafioletowych”* została zrealizowana, jak wspomniałem, na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Śląskiej jej promotorem był dr hab. inż. Mateusz Kozioł, prof. PŚ.

Doktorant jest współautorem 28 publikacji w tym 24 o zasięgu międzynarodowym (m. in. *Materials, Scientific Reports, International Journal of Adhesion and Adhesives, Journal of Adhesion, Tribology International, Composites, Theory and Practice, Journal of Applied Polymer Science, Ceramics International, Polymers, Journal of Composite Materials, Archives of Metallurgy and Materials*). Jest także współautorem 2 zgłoszeń patentowych (nr: P439175 oraz P.443317). Wystąpił na 3 konferencjach naukowych krajowych i 4 o zasięgu

międzynarodowym. Brał udział w wdrożeniu innowacyjnego sposobu prowadzenia recyklingu mechanicznego zanieczyszczonych odpadów produkcyjnych oraz ich ponownego wykorzystania w ZPHU Formes Toys (Wręczyca Wielka), wrzesień 2020 r. Brał także udział aż w 8 projektach naukowo-badawczych (Diamentowy Grant „Kompozyty poliepoksydowe wzmocnione komponentami węglowymi, przeznaczone do zastosowań tribologicznych” (Nr DI2019 017749), 10.2020 – 07.2024; projekt naukowy „Bicycle safety & security: a solution to improve safety and security of bike riding through the protection of users and equipment’s from unexpected incidents (e.g., crashes, accidents, thefts or misuses)”, EURECA-PRO STEM Innovation Contest 2023, 01.2023 – 07.2023; projekt „Development of a production method for sustainable structural materials using hazardous by-products, such as by-products of non-organic chemistry industry”, EURECA-PRO STEM Innovation Contest 2022, 01.2022 – 07.2022; projekt współfinansowany ze środków NCBR „Produkcja lekkich ceramicznych agregatów z materiałów odpadowych – EKOKERAMZYT”, (GEKON2/05/267917/14/2015), 09.2015 - 05.2017; projekt realizowany we współpracy z Jastrzębską Spółką Węglową: „Opracowanie założeń i wykonanie serii próbek kształowników kompozytowych V29 przeznaczonych do weryfikacji możliwości ich zastosowania w górnictwie.” 01.2024 – 05.2024; projekt „Opracowanie modelu prognozy sedimentacji cząstek wypełniacza w kompozytach” (32/014/SDU/10-22-02), 05.2021 - 12.2021; projekt „Ocena skuteczności ochrony kompozytów polimerowo-szklanych przed promieniowaniem ultrafioletowym poprzez zastosowanie stabilizatorów UV i warstw ochronnych” (BKM-665/RM3/2022), 04.2022 – 12.2022; projekt „Wpływ promieniowania UV na właściwości żywic poliestrowych i epoksydowych oraz ich laminatów” (11/030/BKM21/1057), 05.2021 – 12.2021), w których w 6 przypadkach był kierownikiem projektu.

Współpracował z 10 ośrodkami naukowymi (7 krajowymi i 3 zagranicznymi) oraz 4 podmiotami gospodarczymi. Natomiast w bazie Web of Science IH Doktoranta wynosi 5. Za swoje osiągnięcia uzyskał aż 8 nagród:

- laureat stypendium Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego na rok akademicki 2019/2020,
- finalista studenckiego Nobla 2020 w dziedzinie nauk technicznych,
- otrzymanie medalu OMNIUM STUDIOSORUM OPTIMO – najlepszy wśród studentów Politechniki Śląskiej 2020,
- Nagroda Rektora Politechniki Śląskiej,

- 1 miejsce w międzynarodowym konkursie EURECA-PRO STEM Innovation Contest 2022,
- 1 miejsce w międzynarodowym konkursie EURECA-PRO STEM Innovation Contest 2023,
- stypendium rektora dla najlepszych studentów (wszystkie lata studiów),
- stypendium rektora dla najlepszych doktorantów (wszystkie lata kształcenia w Szkole Doktorskiej).

To naprawdę imponujący dorobek jak na młodego naukowca jeszcze przed uzyskaniem stopnia naukowego doktor.

1. Wprowadzenie

Kompozyty polimerowe są obecnie coraz częściej wykorzystywane jako materiały konstrukcyjne zastępując stopy metali, ze względu na wysoki stosunek wytrzymałości do masy oraz odporność na korozję. Jednakże jedną z wad tego typu materiałów jest niska odporność na promieniowanie UV. Długotrwała ekspozycja na światło słoneczne może spowodować degradację żywicy poliestrowej, dlatego zazwyczaj stosuje się różnego rodzaju stabilizatory UV w celu zwiększenia jej odporności na promieniowanie. Właściwości te są szczególnie ważne w przypadku przemysłu, w którym stosowane są tego typu materiały i gdzie są narażone na fotodegradację promieniami UV.

Autor w ramach niniejszej dysertacji określił wpływ promieniowania UV na strukturę i właściwości użytkowe laminatów na osnowie żywicy syntetycznych oraz opracował metodykę ograniczania negatywnych skutków oddziaływania promieniowania. Należy tutaj podkreślić, że w ramach badań fotodegradacji opracował własną niestandardową metodę, która pozwoliła mu na badania fotodegradacji przy stałej głębokości zanurzenia w wodzie.

Badania autora pracy koncentrowały się głównie na laminatach wzmacnianych włóknem węglowym o osnowie żywicy epoksydowej oraz laminatach wzmacnianych włóknem szklanym o osnowie żywicy epoksydowej i poliestrowej. Na podstawie uzyskanych rezultatów badań po procesie starzenia stwierdził, że promieniowanie UV powodowało zmiany w strukturze próbek laminatów takie jak: odbarwienia, matowienie, a co za tym idzie utrata transparentności, pękanie i stopniowe wykruszanie żywicy, co doprowadziło w końcowym efekcie do odsłonięcia włókien wzmacniających. Dodatkowo autor zaobserwował, że laminaty o osnowie żywicy epoksydowej ulegają degradacji głównie na skutek fotodegradacji, natomiast laminaty o osnowie żywicy poliestrowej, oprócz fotodegradacji, wykazują tendencję do

degradacji hydrolitycznej spowodowanej osmozą cząsteczek wody, w wyniku czego prowadzi to do zmian na granicy międzyfazowej i skutkuje zwiększoną ruchliwością włókien wzmacniających w polimerowej osnowie. Kolejno żywice epoksydowe w kontakcie z wodą ulegają fizycznemu pęcznieniu, co w połączeniu z fotodegradacją powoduje wykruszanie żywicy na powierzchni, a co za tym idzie pogorszenie właściwości mechanicznych. W ramach niniejszej pracy autor opracował metody konserwacji i naprawy laminatów polimerowo-włóknistych, poprzez zastosowanie powłok ochronnych zawierających stabilizatory UV o różnych mechanizmach działania. Opracowane przez niego powłoki można stosować zarówno zapobiegawczo, jak i naprawczo. Uzyskane w ramach dysertacji wyniki badań mogą być zastosowane w projektowaniu i wytwarzaniu laminatów o zwiększonej trwałości i odporności na UV. Jak już wcześniej wspomniałem istotnym w jego badaniach osiągnięciem jest przeprowadzenie badań laminatów GFRP w naturalnych warunkach zewnętrznych oraz opracowanie nowej, innowacyjnej metody badań procesów fotodegradacji laminatów (i innych materiałów) w stałym zanurzeniu podwodnym.

Głównym celem pracy było opracowanie wytycznych do prawidłowego prowadzenia badań fotodegradacji laminatów polimer-włókno, które będą miały odniesienie do rzeczywistych warunków użytkowania kompozytów. Dodatkowym celem aplikacyjnym pracy było opracowanie wytycznych związanych z poprawą bezpieczeństwa użytkowania oraz wydłużanie czasu życia wyrobów otrzymanych z opracowanych przez autora kompozytów.

2. Struktura pracy doktorskiej

Rozprawa doktorska mgr inż. Jakuba Smolenia pt. *„Odporność laminatów polimer-włókno na działanie promieni ultrafioletowych”* ma charakter doświadczalny i dotyczy między innymi badań nad otrzymywaniem kompozytów na osnowie żywic syntetycznych wzmacnianych włóknami szklanymi i węglowymi z dodatkiem wytypowanych stabilizatorów UV o wyraźnie poprawionych właściwościach użytkowych w tym odporności na fotodegradację.

Dysertacja została opracowana na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Śląskiej pod opieką promotora dr hab. inż. Mateusz Kozioł, prof. PŚ. Obejmuje 212 strony, w skład których wchodzi: wykaz skrótów i oznaczeń, wprowadzenie, część literaturowa zawierająca 6 podrozdziałów, a ostatni zatytułowany *Podsumowanie analizy literatury i uzasadnienie opracowanej koncepcji badań eksperymentalnych* zawiera podsumowanie i świadczy o przemyślanym uzasadnieniu koncepcji badań doświadczalnych. Kolejno praca zawiera cel oraz zakres pracy, metodykę badań, następnie rozdziały od 5 do 9 związane

z pracami badawczymi, które w każdym przypadku zawierały podsumowanie, co ułatwia czytelnikowi czytanie i wyciągnięcie wniosków. Rozdział 10 poświęcony jest licznym wnioskom zawartym na stronach 171-177. Kolejno spis literatury, który obejmuje aż 352 pozycje ze źródeł krajowych i zagranicznych, w tym opracowania książkowe i publikacje naukowe oraz wykaz współautorskich publikacji i zgłoszeń patentowych powstałych w ramach realizacji pracy doktorskiej oraz streszczenie w języku polskim i angielskim. Można stwierdzić, że proporcje pomiędzy opracowaniami o charakterze naukowym, a pozostałymi pozycjami zawartymi w literaturze są prawidłowe. Można tu wyszczególnić wiele opracowań literaturowych o charakterze fundamentalnym dla omawianego zagadnienia naukowego.

3. Charakterystyka rozprawy doktorskiej

Wyniki badań oraz ich analiza, odnoszą się do ważnych i aktualnych zagadnień, nie tylko z punktu widzenia naukowego, ale również aplikacyjnego. Prace badawcze zostały zrealizowane z wykorzystaniem specjalistycznych maszyn i urządzeń znajdujących się na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Śląskiej. Pozwoliły one Doktorantowi na wnikliwie zrealizowanie badań w zakresie tematu rozprawy.

W recenzowanej pracy doktorskiej Doktorant skupił się na analizie odporności na promieniowania UV laminatów wzmacnianych włóknem węglowym o osnowie żywicy epoksydowej oraz laminatach wzmacnianych włóknem szklanym o osnowie żywicy epoksydowej i poliestrowej.

Przedstawione w ramach rozprawy doktorskiej wyniki prac wpisują się w badania naukowo badawcze realizowane w ramach dyscypliny Inżynieria Materiałowa i wypełniają znaczną lukę w wiedzy dotyczącej mechanizmów fotodegradacji laminatów polimerowo-włóknistych w warunkach rzeczywistych i laboratoryjnych. Dodatkowo jak już wcześniej wspomniałem opracowane i zastosowane przez Doktoranta metody badawcze mogą służyć jako nowe standardy oceny procesów fotodegradacji laminatów na osnowie żywic syntetycznych.

W ramach tych badań Doktorant przeanalizował także wpływ zmian chropowatości powierzchni laminatów polimer-włókno zachodzących w czasie fotodegradacji na uszkodzenia powierzchniowe. Zaproponował sposób regeneracji uszkodzeń powierzchniowych, skutkujący wydłużeniem czasu użytkowania, poprzez naniesienie żywicznych powłok na zdegradowaną powierzchnię laminatu. Zastosowanie takich powłok jest efektywną i taną metodą zwiększania żywotności kompozytu, pozwala także uzyskać czasową odporność na fotodegradację i zabezpieczyć wewnętrzne warstwy kompozytu przed negatywnym wpływem środowiska np. wnikaniem wilgoci przez odsłonięte włókna wzmacniające.

Powłoki ochronne laminatów, obok wprowadzania stabilizatorów UV do całej objętości polimerowej osnowy, pełnią skuteczną ochronę kompozytów polimerowo-włóknistych przed fotodegradacją. Dodatkowo, zewnętrzne powłoki ochronne zabezpieczają laminat przed innymi niepożądanymi czynnikami środowiskowymi np. wilgocią, czynnikami chemicznymi bądź czynnikami biologicznymi i mogą być nakładane w czasie eksploatacji, po wystąpieniu efektów degradacji powierzchniowej. Szczególnie korzystne dla zachowania niezmiennych właściwości otrzymywanych laminatów po degradacji promieniowaniem UV, jak dowiódł Doktorant, okazało się zastosowanie powłok żywicznych z dodatkiem grafitu oraz z dodatkiem stabilizatora UV z grupy benzofenonów, zarówno w aspekcie oceny wizualnej, jak i zmian właściwości mechanicznych.

Uzyskane wyniki badań, umożliwiły Doktorantowi na wnikliwą obserwację i trafne wyciągnięcie wniosków, które Doktorant podzielił na cztery grupy:

- wnioski dotyczące degradacji laminatów polimer-włókno w naturalnym środowisku zewnętrznym,
- wnioski dotyczące degradacji laminatów polimer-włókno w warunkach laboratoryjnych,
- wnioski dotyczące zmian powierzchni laminatów polimer-włókno oraz powłok regeneracyjnych i ochronnych,

oraz

- wnioski końcowe dotyczące wartości i innowacji naukowej doktoratu, których konkluzje jakie zostały przedstawione to:
 - usystematyzowanie podstawowych badań dotyczących wpływu promieni UV na właściwości laminatów polimer-włókno wydaje się mieć znaczny i istotny wkład w stan wiedzy o tej grupie materiałów, a jego realizacja pozwoliła na wyciągnięcie wniosków stosowalnych zarówno dla badaczy realizujących badania ekspozycyjne materiałów, jak i dla praktyków stosujących materiały kompozytowe,
 - ekspozycja próbek materiałów w naturalnych warunkach zewnętrznych, prowadzona w dość ścisłym reżimie przez okres trzech lat, co czyni je trudnymi i unikalnymi,
 - opracowanie w całości w ramach doktoratu, metody ekspozycji próbek materiałów kompozytowych w warunkach stałego zanurzenia podwodnego, ma ona duży potencjał rozwojowy, a uzyskane wyniki i wyciągnięte z nich wnioski pozwalają

rozszerzyć zakres badań normatywnych metod ekspozycji materiałów poddanych działaniom promieniowania UV.

Na szczególną uwagę zasługuje staranność wykonywanych przez Doktoranta prac badawczych, która wymagała od niego opanowania nowoczesnych metod badawczych. Zostały one prawidłowo dostosowane do zagadnień i problemów jakie musiał rozwiązywać. Wiadomym jest, że zapewne wykorzystanie specjalistycznej aparatury i interpretacja wyników pomiarów nie mogą być przypisane w całości Doktorantowi, ponieważ zawsze wymaga to współpracy ze specjalistami, a przede wszystkim z Panem Promotorem, czego wyniki przedstawiono we współautorskich pracach będących uzupełnieniem osiągnięcia.

Praca jest napisana poprawną polszczyzną, choć nie udało się uniknąć drobnych błędów o charakterze stylistycznym i redakcyjnym. Generalnie praca spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim, a zauważone uchybienia nie umniejszają jej wysokiej wartości naukowej jak i aplikacyjnej.

Analizując wyniki przeprowadzonych przez Doktoranta badań mam 2 pytania o charakterze merytorycznym:

- w nawiązaniu do tabeli 2.10 na stronie 35: *czy jeżeli użyjemy napelnacza włóknistego (zawierającego włókna cięte lub włókna mielone) rozproszonego w matrycy polimerowej tak, aby uzyskać dobre wzmocnienie (nieciągłe) to uzyskamy laminat czy kompozyt?*
- *czy zbadano pH wody przed i po badaniach starzeniowych przeprowadzonych w środowisku wodnym, oraz czy zmiana pH na np. lekko zasadowe może mieć wpływ na proces starzenia badanych laminatów?*

4. Podsumowanie

Podsumowując praca doktorska Pana mgr inż. Jakuba Smolenia stanowi zwarty opis osiągnięcia naukowego, a zatem spełnia wymogi formalne zawarte w obowiązujących przepisach ustawowych. W pracy opisane zostały nowatorskie i warte kontynuacji kierunki badań. Z kolei przedstawiona do oceny dysertacja jest opracowana bardzo starannie.

Bez wątpliwości stwierdzam, że przedłożona mi do oceny rozprawa w pełni spełnia warunki określone w ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jednolity w Dz.U. 2017 poz. 1789) oraz Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzenia czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora

(Dz.U. 2018 poz. 261), zatem wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej o dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Dodatkowo mając na uwadze szeroki zakres wykonywanych badań, wnikliwość badawczą Doktoranta, charakter aplikacyjny rozprawy oraz przedstawiony dorobek naukowy wnioskuję o wyróżnienie ocenianej rozprawy doktorskiej zgodnie z kryterium wyróżnienia prac doktorskich na Politechnice Śląskiej.

Prof. Mariusz Oleksy

/podpis odręczny/

*wyłączenie jawności w zakresie danych osobowych oraz ochrony prywatności osoby fizycznej na podstawie art. 5 ust. 2 ustawy z dnia 6 września 2001 r. o dostępie do informacji publicznej (tj. Dz.U. z 2016 r., poz. 1764)