

dr hab. inż. Mirosław Bocian, prof. uczelni  
Katedra Mechaniki, Inżynierii Materiałowej  
i Biomedycznej  
Politechnika Wroclawska,  
ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław

Wrocław 24.02.2026 r.

## RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr. inż. Sławomira Małysa**

pod tytułem

**Opracowanie i wdrożenie do produkcji nowoczesnych systemów drzwiowych  
przeznaczonych do implementacji w pojazdach szynowych**

**Opis identyfikacyjny:** praca papierowa w twardej oprawie, stron 141, pozycji literatury 100.

Promotor rozprawy doktorskiej: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Łagoda.

Promotor pomocniczy: dr inż. Paweł Krysiński.

**Zlecniodawca:** Przewodniczący Rady Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Mechaniczna” dr hab. inż. Piotr Niestony, prof. uczelni, Politechnika Opolska w Opolu.

## INFORMACJE WSTĘPNE

Rozprawa zawiera spis treści, wykaz ważniejszych oznaczeń, 11 numerowanych rozdziałów z podrozdziałami zawierającymi wnioski i bibliografię. Przedstawione do oceny opracowanie naukowe stanowi pracę pisemną w j. polskim (zgodnie z art. 187.3. Ustawy). W ocenie recenzenta, ubiegający się o nadanie stopnia doktora przedstawił zgodnie z art. 186 ust. 1. pkt. 3 lit. a Ustawy co najmniej jeden artykuł naukowy oraz pracę pisemną, w której zaprezentował oryginalne rozwiązanie problemu naukowego dotyczącego opracowania i wdrożenia do produkcji nowoczesnych systemów drzwiowych przeznaczonych do pojazdów szynowych.

## OCENA WYBORU TEMATYKI I ZAKRESU PRACY

Doktorant jako cel pracy postawił sobie *opracowanie i wdrożenie do produkcji nowoczesnych systemów drzwiowych przeznaczonych do implementacji w pojazdach szynowych*. W pracy przedstawił analizę stosowanych stopów na bazie aluminium w transporcie kolejowym, przebadał wybrane stopy na trwałość zmęczeniową, opisał przełomy występujące po cyklicznym zginaniu, skręcaniu i zginaniu udarowym. Przeprowadził także dodatkowe testy na elementach konstrukcyjnych jak i całych drzwiach wagonów pasażerskich, które są wymagane do dopuszczenia tego typu konstrukcji w kolejowym transporcie pasażerskim.

Autor pracy wychodzi z założenia, że zaprojektowanie odpowiednich systemów drzwiowych dla pasażerskich pojazdów szynowych ma się opierać nie tylko na doborze odpowiednich materiałów, ale także całości konstrukcji, która jest konstrukcją warstwową podlegającą ocenie przez normy stosowane w przemyśle kolejowym. Rozprawa doktorska została napisana w ramach doktoratu wdrożeniowego częściowo finansowanego z programu MNiSW. Celem finalnym jej jest opracowanie optymalnego rozwiązania systemu drzwiowego kolejowego wagonu osobowego pod względem kosztów jak i spełniającego odpowiednie wymagania. W pojazdach trakcyjnych/nietrakcyjnych bardzo istotny jest komfort pasażera i jego bezpieczeństwo, dlatego przetestowanie konstrukcji na ciśnienia występujące w trakcie eksploatacji, a także sprawdzenie ognioodporności jest bardzo istotną wartością dodaną tego doktoratu. Dodatkowo przeprowadzono obliczenia symulacyjne przenikalności cieplnej, którą następnie zweryfikowano testami laboratoryjnymi. Autorskimi badaniami doktorant proponuje poszerzyć wiedzę w zakresie bezpieczeństwa i komfortu pojazdów szynowych, co wymaga odpowiedniego podejścia do programu badań i przyjęcia celu pracy .

Doktorant sformułował cel pracy następująco: **„Zrozumienie i opisanie mechanizmów fizycznych oraz chemicznych odpowiedzialnych za degradację materiałów pod wpływem obciążeń cyklicznych i wysokich temperatur, a także stworzenie nowych rozwiązań, które pozwolą na zwiększenie bezpieczeństwa i trwałości elementów konstrukcyjnych taboru kolejowego”**

Cel pracy jest jasno określony i jest on osiągany poprzez różnego rodzaju techniki badawcze, takie jak testy zmęczeniowe, obliczenia numeryczne i testy symulujące rzeczywiste obciążenia konstrukcji mogące zachodzić w czasie eksploatacji.

Słuszność obranej drogi osiąga przyjmując następujący zakres badań:

- Przegląd stosowanych materiałów w przemyśle kolejowym.
- Wybranie konkretnych stopów aluminium 6060 w stanie T6 i T64, oraz 6063 w stanie T6, jako materiału konstrukcyjnego do systemów drzwiowych.
- Przeprowadzenie badań statycznych jak i zmęczeniowych (cykliczne zginanie, cykliczne skręcanie, cykliczne zginanie ze skręcaniem).
- Przeprowadzenie prób udarowościowych.
- Przeprowadzenie analizy fraktograficznej próbek (przełomów).
- Wykonanie testów wytrzymałości ciśnieniowej drzwi pasażerskich odskokowo-przesuwnych.
- Przeprowadzenie badań ognioodporności kompozycji materiałowych dedykowanych do barier ogniowych.
- Wykonanie obliczeń numerycznych współczynnika przenikania cieplnego drzwi kabiny maszynisty.
- Weryfikacja wartości współczynnika przenikania cieplnego w testach laboratoryjnych.

W zaprezentowanych badania doktorant wykazał, że odpowiedni dobór stopów aluminium i technologii ich obróbki zwiększa trwałość eksploatacyjną systemów drzwiowych, a innowacyjność rozwiązań materiałowych pozwala ograniczyć masę i poprawić bezpieczeństwo pożarowe.

Rezultat ten wynika z logicznego ciągu chronologicznie następujących po sobie rozdziałów pracy, a mianowicie:

*Streszczenie* wprowadza czytelnika w przedmiot pracy, jej główne założenia i strukturę.

*Rozdział 1.* Wprowadzenie. Autor przedstawia nam przegląd stanu techniki związanego z transportem kolejowym, szczegółowymi wytycznymi dotyczącymi wymagań projektowych oraz badania systemów drzwiowych do pasażerskich pojazdów szynowych.

*Rozdział 2.* Zostaje w jasny i klarowny sposób przedstawiony cel i zakres pracy.

*Rozdział 3.* Zaprezentowany jest przez doktoranta przegląd materiałów stosowanych w przemyśle kolejowym ze względu na rodzaje obciążenia, łatwość obróbki oraz parametry mechaniczne.

*Rozdział 4.* W tym rozdziale autor koncentruje się na stopach aluminium 6060 w stanie T6 i T64, oraz 6063 w stanie T6, które to są stosowane do systemów drzwiowych kabiny maszynisty oraz systemów drzwiowych odskokowo-przesuwnych w pojazdach szynowych. Przeprowadza badania mikrostruktury stopów z analizą jej

morfologii, a także statyczne próby rozciągania w celu porównania wykresów rozciągania. Największy nacisk doktorant położył na badania zmęczeniowe tych materiałów.

*Rozdział 5.* Autor przeprowadził testy udarnościowego zginania na próbkach Charpy V dla standardowych wymiarów a także dla mniejszych co było podyktowane stosowanymi przekrojami w elementach konstrukcyjnych systemów drzwiowych. Dodatkowo dla sprawdzenia wpływu właściwości sprężystych na udarność, wyznaczył sprężysty parametr energetyczny.

*Rozdział 6.* W tym rozdziale doktorant przeanalizował fraktografie (przełomów) próbek uzyskanych w wyniku testów zmęczeniowych i udarnościowych. W poszczególnych podrozdziałach analizował fraktografie po cyklicznym zginaniu, fraktografie po cyklicznym skręcaniu, a także fraktografie po zginaniu udarowym. Wszystkie te analizy są poparte odpowiednimi zdjęciami mikroskopowymi.

*Rozdział 7.* Autor przedstawia badania mające na celu przetestowanie systemu drzwi pasażerskich odskokowo-przesuwnych na działanie ciśnienia symulującego wahania ciśnienia w otoczeniu pojazdu (mijanie się pojazdów, wjazd i wyjazd z tuneli).

*Rozdział 8.* Przedstawia wymagania dotyczące ognioodporności systemów drzwiowych, a także przeprowadza badania próbek różnych kompozycji materiałów w testach palnościowych. Ostatnia weryfikacja to pełnoskalowe testy odporności ogniowej przegrody z dwuskrzydłowymi drzwiami przesuwными zgodnie z normą PN-EN 45545.

*Rozdział 9.* Doktorant przedstawił analizę izolacji termicznej drzwi kabiny maszynisty początkowo przeprowadzając obliczenia numeryczne, a następnie przeprowadził badania laboratoryjne współczynnika przenikania ciepłego i wykonał weryfikację wyników.

*Rozdział 10.* W tym rozdziale zostały zawarte spostrzeżenia i wnioski dotyczące wszystkich przeprowadzonych testów i badań.

*Rozdział 11.* Załączona została bibliografia.

Wybór tej tematyki oceniam jako trafny i ważny naukowo, tym bardziej, że została ona wygenerowana przez Autora w ramach zainteresowań zawodowych. Dysertacja wpisuje się w zakres dyscypliny naukowej „Inżynieria Mechaniczna”, ma wyraźne walory naukowe i bardzo szerokie walory aplikacyjne z ukierunkowaniem na obszary związane z wytrzymałością materiałów i konstrukcją.

## UWAGI O ROZPRAWIE, PYTANIA I ZAGADNIENIA DYSKUSYJNE

Rozprawa napisana jest zrozumiałym językiem nie wykraczającą poza normy edytorskie. Nie dostrzeżono większych błędów, zaś niektóre z nich przedstawiono w dalszej części recenzji. Szczególnie należy podkreślić duży zakres badań wytrzymałościowych w szczególności zmęczeniowych i udarnościowych. Przeprowadzono także wiele badań ognioodporności co wymaga dostępu do odpowiednich laboratoriów i odpowiedniego przygotowania próbek. Rysunki oraz tabele są wykonane odpowiednio i odzwierciedlają szeroki program badań na obiektach rzeczywistych i w testach numerycznych. Zakres przeprowadzonych testów cechuje się dużą wartością ze względu na powiązanie ich z konkretnym produktem, co natychmiast może się przełożyć na zmiany konstrukcyjne powodujące zwiększenie innowacyjności, ekonomiczności i bezpieczeństwa pasażerów.

Zdaniem recenzenta poprzez silne powiązanie doktoratu z konkretnym zadaniem w postaci opracowania i wdrożenia do produkcji nowoczesnych systemów drzwiowych autor bardzo dobrze wykorzystał możliwości wspomagające naukowców z przemysłu poprzez formułę doktoratu wdrożeniowego.

### Uwagi krytyczne, polemiczne i komentarze:

Strona 22. „Obróbka T64 również obejmuje obróbkę cieplną w roztworze w tej samej temperaturze, ale sztuczne starzenie odbywa się w niższej temperaturze, pomiędzy warunkami starzenia dla T6 i T64” – opis jest niezrozumiały, proszę o wyjaśnienie.

Strona 23. Rys. 4.4. zdjęcia mikrostruktury powinny być większe, niewyraźność struktury ziaren.

Strona 25. Rys. 4.5. Czy ten wykres jest tylko wykresem poglądowym, czy wykonano test dla kilku próbek i dane obrobiono statystycznie?

Strona 38. Test zmęczeniowy opisany poprzez kryterium Gougha-Pollarda – pytanie, jakie mogłyby być stosowane inne kryteria i dlaczego wybrano akurat to kryterium?

Strona 44. Tabela 5.1. ile wykonano testów dla jednego materiału i wielkości próbki? Czy wykonano obróbkę statystyczną? Jakimi były rozrzuty?

Pytanie: Widzimy przy różnych wielkościach próbek efekt skali, czy doktorant mógłby przedyskutować co może mieć na to wpływ? W jaki sposób należałoby skorygować

wyniki, by móc porównywać różne wielkości próbek.

Strona 47. Powinno być „Fraktografia”, nie Faktografia.

Strona 61. Na zdjęciach, szczególnie gdy nie widać brzegów próbki powinno być podane powiększenie.

Strona 82. Wykresy przyrostów temperatury są mało czytelne, opisy powinny być większe i powinny być grubsze linie.

Strona 87. Wykresy przyrostów temperatury są mało czytelne, opisy powinny być większe i powinny być grubsze linie.

Strona 92. Wykresy przyrostów temperatury są mało czytelne, opisy powinny być większe i powinny być grubsze linie.

Strona 100. Czy można zastąpić uszczelki bardziej ognioodpornym materiałem, tak aby dalej spełniały swoją funkcję? Czy można uniknąć deformacji szyb, albo by deformacja następowała później?

Strona 114. W jaki sposób można poprawić dokładność obliczeń MES, jeśli chodzi o przenikanie ciepła? Co należałoby uwzględnić, co należałoby poprawić?

#### Drobne uwagi o charakterze redakcyjnym:

Drobne uwagi redakcyjne zostały zauważone w tekście i przekazane Autorowi. Recenzent podkreśla, że wyżej wymienione uwagi mają wskazać Autorowi, by bardziej uważnie podchodził do pisania prac naukowych, opisywania rysunków i wykresów, a także zwracał uwagę na ich czytelność, ale należy te uwagi traktować jako wskazówki, co nie umniejsza charakteru twórczego pracy oraz osiągniętego celu przez doktoranta.

### **PODSUMOWANIE**

Twórczy wkład mgr. inż. Sławomira Małysa w zakresie dyscypliny naukowej dotyczy części numerycznej i eksperymentalnej. Należy podkreślić dużą liczbę przeprowadzonych testów i prób, szczególnie prób zmęczeniowych, które zawsze są próbami wymagającymi długiego okresu czasu. Moim zdaniem tutaj wskazane byłoby zastosować odpowiednie metody statystyczne, których zabrakło, a które w sposób istotny podniosłyby walory tej pracy. Testy udarnościowe, które w przypadku stopów aluminium są bardzo istotne, dobrze uzupełniają wiedzę o tym, jak zachowują się one

w tego typu zastosowaniach. W przyszłych testach należałoby się zastanowić, czy nie należy ich przebadać w obniżonych temperaturach np. - 40°C. Badania ognioodporności wymagały specjalnych warunków i specjalnych metod, musiały być wykonane też w odpowiednich ośrodkach badawczych, z tego powodu są to bardzo wartościowe badania, dające dużo informacji niezbędnych do poprawy i ulepszania konstrukcji.

Po dokładnym zapoznaniu się z dziełem doktoranta pt.: „Opracowanie i wdrożenie do produkcji nowoczesnych systemów drzwiowych przeznaczonych do implementacji w pojazdach szynowych” można sformułować następujące osiągnięcia i wnioski:

1. Temat jest bardzo istotny ze względu na rozwój transportu kolejowego dużych prędkości.
2. Największą odporność na zmęczenie wykazują stopy w stanie T6, jednak stop aluminium 6063-T6 jest gorszy pod tym względem niż 6060-T6.
3. Przy elementach pracujących w warunkach wysokocyklowych właściwości są natomiast porównywalne.
4. Wzrost wytrzymałości tych stopów wiąże się ze zmniejszeniem ich udarności.
5. Wzrost sprężystego parametru energetycznego jest skorelowany ze spadkiem udarności.
6. Na podstawie obrazów przełomów wywnioskowano, że stop aluminium 6060 w stanie T-6 charakteryzuje się lepszą odpornością na pękanie zmęczeniowe i udarności.
7. W badaniach konstrukcji drzwi dwuskrzydłowych potwierdzono wysoką trwałość, szczelność oraz niezawodność, a zastosowanie stopu 6060 T6 wpłynęło pozytywnie na poprawę sztywności i odporności na dynamiczne obciążenia ciśnieniowe.
8. Kompozycje z wełną mineralną poprawiły skuteczność w zakresie odpowiednich barier przeciwogniowych. Najlepszą odpornością przeciwogniową wykazała się kompozycja PROMATECT-L500 z klejem PROMAT-K84.
9. Weryfikacja modelu numerycznego z badaniami na obiekcie rzeczywistym współczynnika przenikania ciepła drzwi kabiny maszynisty potwierdziła przydatność metod numerycznych, lecz zarazem zwraca się uwagę na konieczność doskonalenia modelu i opracowania strategii jego dostrajania.

W oparciu o ocenę rozprawy doktorskiej recenzent stwierdza, że doktorant wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia prac naukowych, doboru metod badawczych, opracowania wyników badań, formułowania wniosków oraz trafnego doboru piśmiennictwa do tematu badawczego.

**WNIOSEK**  
**o dopuszczenie do publicznej obrony**

Biorąc powyższe pod uwagę, recenzent stwierdza, że rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Sławomira Małysa spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2024 poz. 1571 t.j.) i wnioskuje do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Opolskiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

*Michał Bocian*