

Warszawa, dn. 22.11.2021 r.

*Recenzja spełnia wymagania formalne*

prof. dr hab. inż. Andrzej Świdorski  
Instytut Transportu Samochodowego  
03-301 Warszawa  
ul. Jagiellońska 80

Przewodniczący Rady Dyscypliny Inżynierii i Transportu  
*[Signature]*  
dr hab. inż. Marcin Stańka, prof. PŚ

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Piotra Cybulko  
pt.: „ZMNIEJSZENIE ZUŻYCIA ZAWORÓW WYDECHOWYCH W SILNIKACH SPALINOWYCH  
ZASILANYCH PALIWAMI CNG/LNG Z WYKORZYSTANIEM FAZ MIĘDZYMETALICZNYCH Fe – Al”  
Promotor: dr hab. inż. Bożena Szczucka-Lasota, prof. PŚ  
Promotor pomocniczy: dr inż. Krzysztof Garbala

Recenzja przygotowana została na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynierii Lądowa i Transport Politechniki Śląskiej, dr hab. inż. Marcina Stańka, prof. PŚ (pismo nr EDILT/31/2021/2022 z dnia 5.11.2021 r.).

### 1. UWAGI OGÓLNE

Recenzowana dysertacja poświęcona jest istotnym, zarówno z naukowego i poznawczego, jak również praktycznego punktu widzenia, eksploatacyjnym problemom w transporcie samochodowym, związanym z przyspieszonym zużyciem przylgni zaworów wydechowych w pojazdach zasilanych gazem ziemnym. Problemy te wynikają z poszukiwania alternatywnych paliw dla benzyn i olejów napędowych (w kontekście głównie ochrony środowiska naturalnego, a tym samym ograniczenia emisji szkodliwych związków pochodzących z transportu). Z drugiej jednak strony korzystanie z instalacji gazowej powoduje częstsze serwisowanie zespołów napędowych, w tym m.in. konieczność regulacji parametrów pracy, czy wcześniejszej wymiany niektórych elementów. Według mnie, Doktorant słusznie zauważył, że w takich sytuacjach „*odnotowano szybsze zużywanie się tulei cylindrów, tłoków, pierścieni, zaworów i gniazd zaworowych*” oraz, że „*aktualnym i dotychczas nierozwiązanym problemem jest przyspieszona degradacja przylgni zaworowych w wyżej wymienionych warunkach pracy. Jej uszkodzenia w jednostce napędowej, stanowią przyczynę obniżenia poziomu bezpieczeństwa biernego pojazdu oraz zanieczyszczenia środowiska*”.

Zagadnienia te, moim zdaniem, były główną inspiracją zajęcia się przez Doktoranta powyższym tematem. Mgr inż. Piotr Cybulko, wykorzystując wymienione uwarunkowania i analizując przedstawiony problem oraz proponując jego rozwiązanie, bardzo dobrze wypełnia lukę badawczą w tym zakresie. Recenzowana rozprawa przedstawia zatem kompleksową i nową metodę zabezpieczenia przylgni zaworu wydechowego w silniku ZS adaptowanym do zasilania gazem ziemnym, wykorzystującą zastosowanie fazy międzymetalicznej Fe3Al do napawania. Metoda ta została pozytywnie zwalidowana przez Doktoranta w ramach badań własnych.

**Stwierdzam, że wybór tematu rozprawy należy uznać za trafny, w pełni uzasadniony aktualnym stanem wiedzy i potrzebami praktyki.**

Biurowisko Dziekana

wpłynęło dnia *26.11.2021*

nr *EDILT/43/21/22* z dat. ....

## 2. OCENA METODYCZNA

Rozprawa obejmuje łącznie 176 stron wraz z załącznikami, ze spisem tablic i rysunków oraz spisem literatury. Dzieli się na 13 zasadniczych rozdziałów, w tym wprowadzenie oraz podsumowanie i wnioski, jak również streszczenie (w języku polskim i angielskim). Między rozdziałami zachowano właściwe proporcje. Treść pracy zgodna jest z jej tytułem, a rozdziałów z ich nagłówkami, które dają syntetyczny pogląd na przedstawioną w nich zawartość merytoryczną. Kolejne tytuły rozdziałów reprezentują logiczne powiązanie całości rozprawy. **Recenzowana praca ma zatem właściwy i przemyślany układ.** Wnioskowanie jest poprawne, a znajomość szczegółowych technik analityczno-ocenowych zadowalająca. Niestety, jak to zwykle w tego typu pracach bywa, Doktorant w swoim opracowaniu nie ustrzegł się błędów natury językowej, zarówno stylistycznych jak i literowych. Są one jednak nieliczne i nie zmniejszają wysokiej wartości pracy pod względem edycyjnym. Na szczególnie wyróżnienie zasługują opracowane własne liczne ilustracje, które obrazują i tłumaczą czytelnikowi nierzadko skomplikowane zagadnienia.

Podstawą opracowania głównych treści recenzowanej dysertacji m.in. było: rozpoznanie obszaru badań (przygotowanie jej genezy i przeprowadzenie analizy stanu), tym samym identyfikacja problemu, wskazanie przyczyn i możliwych rozwiązań, opracowanie celu pracy, zidentyfikowanie luki badawczej i problemów badawczych oraz postawienie tezy. W konsekwencji tych działań Doktorant skutecznie dążył do rozwiązania problemów naukowych, realizacji celu i potwierdzenia tezy. **Wykorzystał wiele cennych metod badawczych, które oceniam pozytywnie.** W podsumowaniu Doktorant wskazał, że **cel pracy został osiągnięty a teza potwierdzona, z czym nie można się nie zgodzić.**

Spis wykorzystanej w dysertacji literatury obejmuje łącznie 125 źródeł (m.in. pozycji książkowych, artykułów naukowych i norm). Literatura zawiera zarówno pozycje polskie, jak i zagraniczne. **Jest dobrana w sposób właściwy i wystarczający.**

**Z metodologicznego punktu widzenia, rozprawa zasługuje na pozytywną ocenę.**

## 3. OCENA MERYTORYCZNA

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska składa się z dwóch głównych części: przeglądu literatury (rozdziały 1-7) i opisu badań własnych, obejmujących m.in.: badania wstępne, tezę pracy, badania zasadnicze a także rozdział o charakterze wnioskowym (rozdziały 8-12 wraz z załącznikami). W części literaturowej Autor dokonał przeglądu publikacji naukowych i branżowych, związanych z tematem pracy. Zidentyfikował tym samym istotne problemy związane z eksploatacją przyłgni zaworowych w pojazdach samochodowych. Przedstawił dostępne, zarówno w kraju jak i na świecie, rozwiązania mające wpływ na wydłużenie czasu bezpiecznej eksploatacji omawianych elementów konstrukcyjnych. Wykazał istotność problemu, jakim jest nadmierne zużycie przyłgni zaworowych instalowanych w jednostkach napędowych zasilanych gazem ziemnym. Dokonując przeglądu literatury zwrócił uwagę na zalety stosowanych obecnie zabezpieczeń powierzchni narażonych na złożone warunki oddziaływania korozyjno-erozyjnego. Podkreślił też wady wpływające na ograniczenie lub uniemożliwienie aplikacji prezentowanych rozwiązań w przypadku powierzchni przyłgni zaworów wydechowych przeznaczonych do pracy w modyfikowanych jednostkach napędowych ZS przystosowywanych do zasilania gazem ziemnym. Analiza najnowszych osiągnięć nauki z zakresu, którego dotyczy rozprawa,

pozwoliła Doktorantowi na zidentyfikowanie luki badawczej i ustalenie celu pracy, za który przyjął **opracowanie nowej metody zabezpieczenia przylgni zaworu wydechowego w silniku ZS adaptowanym do zasilania gazem ziemnym**. Dla osiągnięcia tego celu i rozwiązania problemu badawczego określił założenia wstępne oraz opracował nowatorską koncepcję materiałowo – technologiczną wytworzenia warstwy wierzchniej. Wnikliwa analiza materiałów źródłowych a także **wyniki badań wstępnych dostarczyły obiektywnego dowodu, że opracowana koncepcja pozwala na wytwarzanie warstwy zabezpieczającej z fazy Fe<sub>3</sub>Al na powierzchni stożkowej przylgni zaworowej**.

Wymiernym efektem pierwszej części przeprowadzonych przez Doktoranta badań naukowych było wytworzenie przylgni zaworowych zabezpieczonych równomierną warstwą napawaną, wolną od wad spawalniczych, co potwierdzono m.in. badaniami rentgenowskimi. Analiza uzyskanych wyników badań wstępnych oraz przegląd literatury stanowiły podstawę do sformułowania tezy: **zastosowanie fazy międzymetalicznej Fe<sub>3</sub>Al do napawania powierzchni przylgni zaworowych silników w środkach transportu, adaptowanych do zasilania paliwem CNG/LNG, wpłynie na zwiększenie trwałości jednostki napędowej w warunkach eksploatacji i pozwoli na zmniejszenie częstotliwości regulacji luzu zaworowego**. Dla jej udowodnienia Doktorant opracował i zrealizował plan badań, obejmujący m.in.:

- analizę tribologiczną wykorzystanego do napawania stopu Fe<sub>3</sub>Al oraz komercyjnie stosowanego Stellitu,
- określenie makrostruktury otrzymanych powłok,
- porównanie mikrotworczywości nowo opracowanych i komercyjnie stosowanych warstw zabezpieczających,
- scharakteryzowanie (przy użyciu mikroskopii świetlnej i skaningowej) struktury i składu chemicznego testowanych powłok,
- badania walidacyjne.

Nowo opracowane przylganie zaworowe zostały zastosowane w jednostce napędowej Hino H series 165 HP B53 i poddane testom na hamowni silnikowej. Podczas badań dokonano również pomiarów luzów zaworowych. Zarówno wyniki badań jak i sposób ich przeprowadzenia (zgodny z obowiązującymi normami) zostały w rozprawie poprawnie udokumentowane. **Doktorant wykazał się umiejętnością planowania warsztatu pracy, właściwie dobrą metody i metodykę badawczą, które umożliwiły mu zrealizowanie celu rozprawy. Ten aspekt uważam za bardzo mocną stronę recenzowanej dysertacji.**

Uzyskane przez Doktoranta wyniki badań zostały w sposób poprawny poddane analizie. Analiza czynników wewnętrznych i zewnętrznych wpływających na mechanizm zużycia przylgni zaworowych i porównanie wyników z opisanymi w literaturze mechanizmami umożliwiła Doktorantowi wyjaśnienie związków przyczynowo-skutkowych pomiędzy intensywnością zużycia przylgni zaworowych a rejestrowanym luzem zaworowym, a także wyprowadzenie wzorów matematycznych określających tę zależność. **Stanowi to istotny wkład naukowy do dyscypliny inżynieria lądowa i transport.**

Doktorant w toku badań rozwiązał problem przyspieszonego zużycia przylgni zaworów wydechowych stosowanych w jednostkach napędowych. **Rozwiązanie to (polegające na zabezpieczeniu przylgni zaworowych fazą międzymetaliczną typu Fe<sub>3</sub>Al) można z pewnością uznać za nowatorskie**. W konsekwencji Doktorant złożył z pozytywnym

skutkiem wniosek patentowy, o czym wspomniał w swojej pracy. Na mocne podkreślenie zasługuje również fakt, że Doktorant złożył też wniosek do jednostki notyfikującej TÜV o uznanie opracowanej metody zabezpieczenia warstwy powierzchniowej przyłgni zaworowych. Wniosek ten również został rozpatrzony pozytywnie (załącznik nr 2 rozprawy). Technologia zatem może zostać wdrożona do przemysłu motoryzacyjnego.

**Mocną stroną przeprowadzonych przez Doktoranta dociekań, jak również samej recenzowanej dysertacji jest fakt, że opracowana metoda pozytywnie przeszła proces walidacji, podczas której sprawdzono poprawność i powtarzalność uzyskiwanych wyników, a przeprowadzone testy dostarczyły powodu, że opracowana metoda zabezpieczenia warstwy wierzchniej spełnia potrzeby i wymagania jej użytkowania. Zatem opracowane rozwiązanie charakteryzuje również przydatność praktyczna.**

Chciałbym przedstawić kilka uwag krytycznych do treści recenzowanej dysertacji. Oto one (do trzech ostatnich proszę ustosunkować się podczas publicznej obrony):

- w „Spisie treści” rozprawy pominięto „Spis literatury”,
- jeśli jest podrozdział 6.1. w rozdziale 6., to powinien też być 6.2,
- podrozdział 6.1 – jest sformułowanie „Faza międzymetaliczna Fe<sub>3</sub>Al charakteryzuje się znacznie niższym ciężarem właściwym (ok. 5,49÷6,68 g/cm<sup>3</sup>)...”. Skoro jest „około”, to oczekuje się informacji mniej precyzyjnej, np. ok. 6%,
- podrozdział 9.3 - brak krótkiego uzasadnienia, że natężenie prądu napawania TIG w przedziale 60-70 A wynika z doboru średnicy pręta do napawania. Studiując dane tablicy 4, można tej zależności się domyśleć,
- podrozdział 11.1 - proszę uzasadnić termin „trwalszy zamiennik”,
- dlaczego przeciwpróbkę stanowiła stal niestopowa S235JR? Brak uzasadnienia,
- rozdział 12 – dla większej czytelności, należałoby najpierw wyjaśnić termin „badania walidacyjne”, a dopiero później podać cel takich badań.

Reasumując moją merytoryczną ocenę rozprawy **stwierdzam jednoznacznie, że Doktorant w toku realizacji pracy:**

- wykazał się kompetencjami niezbędnymi do prowadzenia pracy naukowo-badawczej,
- potrafił samodzielnie zaplanować i przeprowadzić badania, przeanalizować uzyskane wyniki i sformułować wnioski o charakterze ogólnym i szczegółowym,

**a prowadzona przez Niego i przedstawiona w dysertacji dokumentacja badawcza jest przejrzysta i zgodna z kanonem pisania prac doktorskich.**

**Pomimo zapisanych uwag krytycznych, z merytorycznego punktu widzenia rozprawa zasługuje na pozytywną ocenę.**

#### **4. WNIOSKI KOŃCOWE**

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska wnosi znaczący wkład teoretyczny i praktyczny w rozwój *nauk inżynieryjno-technicznych*, w dyscyplinie *inżynieria lądowa i transport*.

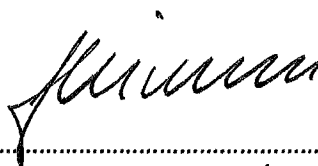
Warszawa, dn. 22.11.2021 r.

Wykonana praca o bogatym dorobku teoretyczno-eksperymentalnym dowodzi, że jej Autor potrafi samodzielnie prowadzić badania naukowe i rozwiązywać złożone problemy teoretyczne i eksperymentalne.

Ze względu na wagę podjętego w rozprawie problemu badawczego i znaczenie dla praktyki, a przede wszystkim na pozytywną ocenę wartości merytorycznej i metodologicznej rozprawy doktorskiej, stwierdzam, że **rozprawa spełnia wymagania ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Wnoszę o dopuszczenie mgr. inż. Piotra Cybulko do publicznej obrony.**

W przypadku pozytywnego przebiegu obrony rozprawy doktorskiej będę głosował za nadaniem Panu mgr. inż. Piotrowi Cybulko stopnia naukowego doktora *nauk inżynierskich* w dyscyplinie *inżynieria lądowa i transport*.

Równocześnie, mając na uwadze wysoki poziom recenzowanej rozprawy, pozwalam sobie zaproponować jej wyróżnienie. Uprzejmie zatem proszę Radę Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Śląskiej o rozważenie możliwości pozytywnego ustosunkowania się do mojej sugestii.



.....  
prof. dr hab. inż. Andrzej Świdorski

