

Recenzje spełnione wymagające formalne

prof. dr hab. inż. Tomasz Chmielewski
Instytut Technik Wytwarzania
Wydział Mechaniczny Technologiczny
Politechnika Warszawska
ul. Narbutta 85, 02-524 Warszawa
e-mail: tomasz.chmielewski@pw.edu.pl

Warszawa, dn. 27.06.2025

Przewodniczący Rady Dyscypliny
Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport
Politechniki Śląskiej

prof. dr hab. inż. Piotr Folęga

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr. Adama Döringa

pt.

„Własności użytkowe wieloskładnikowych złączy lutowanych do zastosowania
w regeneracji alternatorów samochodowych”

Promotor Pan prof. dr hab. inż. Tomasz Węgrzyn

Promotor pomocniczy Pan dr inż. Adam Jurek

1. Podstawa opracowania

- Pismo przewodnie RDIGT.512.34.2025 Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport prof. dr. hab. inż. Piotra Folęgi;
- Uchwała nr 115/2025 Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport z dnia 29 maja 2025 r. w sprawie powołania Recenzentów rozprawy doktorskiej w postępowaniu mgr. Adama Döringa;
- ustawa z dnia 20 lipca 2018 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tj. Dz.U. z 2024 poz. 1571 z późn. zm.).

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
Rada Dyscypliny
Inżynieria Lądowa i Transport
wpłynęło dnia 10 VII 2025
nr 54/2025 zał.

2. Tytuł rozprawy doktorskiej - aktualność podjętego tematu

Praca doktorska dotyczy opracowania nowego wieloskładnikowego lutu miękkiego stosowanego podczas procesu regeneracji alternatorów samochodowych oraz jego charakteryzacji, następnie opracowania warunków technologicznych procesu lutowania i weryfikacji właściwości i jakości uzyskanych złączy.

Praca jest ulokowana w dyscyplinie naukowej Inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Głównym celem dysertacji jest opracowanie nowego składu lutu dostosowanego do warunków technologicznych lutowania warsztatowego, właściwości łączonych elementów oraz specyfiki warunków eksploatacji alternatorów samochodowych.

Rozprawa wpisuje się w światowy trend rozwijania procesów technologicznych regeneracji (*ang. remanufacturing*) w celu przywrócenia maszyn i urządzeń do nominalnej sprawności za ułamek ich wartości, co pozwala ograniczać degradację środowiska naturalnego i ponownie wykorzystać surowce oraz ogranicza volumen odpadów przemysłowych.

3. Charakterystyka i ocena rozprawy - ocena metodyczna (ocena układu rozprawy doktorskiej, ocena zastosowanego piśmiennictwa)

W swojej rozprawie doktorskiej Pan mgr Adam Döring opracował autorski skład chemiczny lutu służącego do połączeń elektrycznych wykonywanych podczas naprawy i regeneracji alternatorów samochodowych. Tematyka podjętej pracy doktorskiej ma charakter interdyscyplinarny i niewątpliwie wpisuje się w dyscyplinę naukową Inżynieria lądowa, geodezja i transport.

W rozdziale 1. autor dysertacji przedstawił wprowadzenie do rozprawy, następnie przeprowadził szeroką analizę stanu zagadnienia w oparciu o źródła literaturowe oraz stan techniki w praktyce przemysłu motoryzacyjnego. Scharakteryzowano materiały

stosowane do budowy alternatorów oraz jego podzespołów i omówiono przyczyny ich awarii, a także usterek występujących podczas eksploatacji.

Analiza literatury wskazuje, że pomimo znacznego postępu w technice lutowania, brakuje wyników badań dotyczących trwałości eksploatacyjnej połączeń lutowanych w alternatorach samochodowych oraz brak jest prac zorientowanych na lepsze dostosowanie standardowych lutów na osnowie cyny do warunków eksploatacji alternatorów samochodowych.

W rozdziale drugim scharakteryzowano proces lutowania i jego parametry, zjawiska chemiczne i fizyczne wpisujące się w istotę procesu lutowania oraz wpływ wybranych pierwiastków stopowych na właściwości lutu na osnowie cyny. Część teoretyczna pracy wydają się być nadmiernie rozbudowana.

Układ rozprawy doktorskiej jest klasyczny. Praca składa się z 8 rozdziałów, liczy 168 stron. Bibliografia zawiera 131 pozycji, w tym artykuły naukowe, opracowania książkowe i standardy. Cytowane pozycje literaturowe w większości są aktualne. Warto podkreślić dwie współautorskie publikacje Autora dysertacji. Praca zawiera spis rysunków i tabel oraz streszczenie w języku polskim i angielskim.

Część badawcza zawiera badania rozpoznawcze i zasadnicze. Na podstawie wniosków z badań rozpoznawczych w rozdziale 5. sformułowano problem badawczy, postawiono tezę oraz przyjęto założenia do pracy.

W rozdziale 6. przedstawiono plan eksperymentu, opisano badania zasadnicze, które zrealizowano w zakresie pomiarów rozptywności lutu, które przeprowadzono w sposób osobiwy polegający na porównaniu stopnia i jakości wypełnienia otworu w płycie PCB (*ang. Printed Circuit Board*). Następnie przeprowadzono badania radiograficzne (RT) próbek otworów wypełnionych różnymi lutami. Próbkę wykonaną lutami Zen-10 i 11 uzyskały najlepsze wyniki pod względem jednorodności wypełnienia (brak porów gazowych w objętości lutu). W dalszej części przeprowadzono badania mikrostruktury testowych połączeń lutowanych drutów miedzianych o średnicy 1,5 mm, zastosowano materiał dodatkowy oznaczony symbolami Zen 5; 7; 10 i 11. Przeprowadzono testy

wytrzymałościowe połączeń testowych. Wykonano próby lutowania na docelowych obiektach technicznych (alternatorach). Wykonano pomiary właściwości elektrycznych opracowanych złączy w celu ich kompleksowej charakteryzacji. Przeprowadzono testy alternatorów w stanie fabrycznym na potrzebę uzyskania informacji o ich właściwościach technicznych, które posłużyły do porównania z urządzeniami zregenerowanymi w oparciu o nowo opracowane warunki lutowania.

W rozdziale 7 przeprowadzono analizę wpływu opracowanych w dysertacji warunków lutowania na jakość i trwałość eksploatacyjną alternatorów zregenerowanych wg nowych zaleceń technologicznych.

W rozdziale 8. podsumowano przeprowadzone badań i uzyskane na ich podstawie wyniki oraz sformułowano wnioski. Wnioski z pracy wskazują na statystycznie istotny wzrost trwałości eksploatacyjnej alternatorów zregenerowanych z zastosowanie nowo opracowanych warunków lutowania.

Umiejętność interpretacji wyników badań oraz formowania wniosków oceniam dobrze.

Praca jest napisana dostatecznie dobrym językiem technicznym, niestety nie jest pozbawiona żargonu warsztatowego i licznych powtórzeń, które zaznaczyłem w treści rozprawy i przekazałem Panu doktorantowi. Doktorant wykazał się dobrym poziom wiedzy teoretycznej oraz wykazał się umiejętnością planowania eksperymentu naukowego.

1. Najważniejsze uwagi ogólne i szczegółowe

Uwagi szczegółowe do treści pracy przedstawiam poniżej:

1. Jaką metodą zidentyfikowano związki opisane na rysunku 84?
2. Jaka była szerokość szczeliny lutowniczej podczas lutowania drutów miedzianych śr. 1,5 mm i jak zapewniono powtarzalność tego parametru?
3. Jak była temperatura topnienia stosowanych w badaniach lutów?
4. Co oznacza w tab. 7 „Przekrój 10 mm”?

5. Na jakiej próbie statystycznej wykonano pomiary opisane w tab. 8?
6. Proporcje geometryczne na rys. 56 są skrajnie zaburzone.
7. Wada braku przetopu, nie może występować w złączach lutowanych w których przetop nie powinien wystąpić w ogóle.
8. Złącza pokazane na rysunkach 71 i 72 wykazują skrajnie zwilżalność (której niestety nie zmierzono) i badanie ich metodą radiograficzną jest pozbawione sensu.
9. Autor wielokrotnie w pracy używa stwierdzenia, że materiał bazowy został przetopiony z lutowiem, co jest immanentną cechą spawania, a nie lutowania.
10. Wymienione na str. 102 zalecenia technologiczne w celu wykazanych na poprzedzającej stronie wad połączeń, są nieprecyzyjne (w tym 2. i 3. sprzeczne z aktualną wiedzą i praktyką).
11. Badania mikrostrukturalne nie umożliwiają określenia przyczepności (wartości siły odrywającej lub naprężenia odrywającego) wbrew stwierdzeniu autora na stronie 103.
12. Mikroskop metalograficzny optyczny nie umożliwia identyfikacji faz na obrazie mikrostruktury (jak zapisano na rys. 104).
13. W pierwszym wniosku z analizy wyników badań rozpoznawczych (na stronie 105) stwierdzono, że luty Zen-10 oraz Zen-11 charakteryzują się największą wytrzymałością na rozciąganie. Nie przeprowadzono pomiaru uprawniającego do postawienia takiego wniosku.
14. W drugim wniosku z analizy wyników badań rozpoznawczych (na stronie 105) stwierdzono, że próbki Zen-10 oraz Zen-11 posiadają strukturę gwarantującą dobre właściwości mechaniczne, co jest stwierdzeniem nieuprawnionym wobec współistnienia zespołu nieuwzględnionych czynników determinujących właściwości mechaniczne złącza lutowanego.
15. Doktorant błędnie utożsamia metodę z technologią (str. 109).
16. Pomiędzy lutem a materiałem podstawowym występuje adhezja, a nie kohezja (szczególny przypadek kontaktu materiałów tożsamy).
17. Nie można określać zmiany składu chemicznego lutu, opracowaniem autorskiej metody lutowania.

Poniżej wymieniono uwagi szczegółowe o charakterze dyskusyjnym z prośbą do Autora rozprawy o ustosunkowanie się:

1. Dlaczego nie przeprowadzono klasycznej próby zwilżalności z pomiarem równowagowego konta zwilżania w funkcji temperatury?
2. Jak zapewniono powtarzalność i porównywalność opisanych właściwości złączy próbnych drutów miedzianych, wymagane w badaniach naukowych?
3. W jaki sposób obliczono doraźną wytrzymałość złączy lutowanych na rozciąganie wyrażoną w MPa (tab. 5)?
4. W czwartym wniosku końcowym stwierdzono, że opracowane złącze lutowane spełnia wysokie wymagania stawiane w przemyśle motoryzacyjnym, proszę o precyzyjne przedstawienie tych wymagań.

2. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr. inż. mgr. Adama Döringa nt. „Własności użytkowe wieloskładnikowych złączy lutowanych do zastosowania w regeneracji alternatorów samochodowych” jest interesującą dysertacją o aktualnej tematyce, której wyniki znalazły praktyczne zastosowanie i wdrożenie przemysłowe. Praca doktorska reprezentuje dyscyplinę naukową Inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Podjęty w rozprawie temat jest zupełnie nowy, wnosi wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport, a dodatkowo wnosi wkład w rozwój systemu regeneracji alternatorów pojazdów samochodowych.

Doktorant wykonał badania w warunkach przemysłowych i laboratoryjnych, a opracowaną technologię wdrożono do przemysłu. Pozyskana nowa wiedza pozytywnie rozwija stan techniki w zakresie technologii lutowania stosowanej w pojazdach samochodowych.

Doktorant wykazał się umiejętnością planowania i wykonywania badań szczególnie w zakresie kształtowania warunków technologicznych procesu lutowania oraz analizy merytorycznej uzyskanych wyników.

Autor dowiódł poprawności postawionej tezy i osiągnął cele naukowe i technologiczne przyjęte w pracy do realizacji. Całość recenzowanej rozprawy w pełni potwierdza wiedzę teoretyczną Doktoranta oraz umiejętność prowadzenia pracy naukowo-badawczej.

Uważam, że recenzowana rozprawa prezentuje dobry poziom merytoryczny, zawiera element nowości i ma wysoki, potwierdzony aplikacją przemysłową potencjał wdrożeniowy oraz wnosi wkład do dyskusji nad rozwojem techniki lutowania w procesie regeneracji zaawansowanych, elektrycznych podzespołów pojazdów samochodowych.

Ponadto stwierdzam, że Autor wykazał się wiedzą, umiejętnością planowania i realizacji badawczych prac naukowych, umiejętnością oceny i interpretacji uzyskanych wyników.

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dziennik Ustaw z 2018 r., poz. 1668, z późniejszymi zmianami) i wnioskuję o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

Warszawa, 27 czerwca 2025 r