

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Przemysława BIELENDY nt.
„Wpływ cyklicznych obciążeń cieplnych na nośność połączeń klejowych czopowych walcowych”

Niniejszą recenzję opracowano na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Rzeszowskiej prof. dra hab. inż. Andrzeja Burgharda– pismo nr RM-530-17-03/2021/21 z dnia 16 lipca 2021 r.

1. Ogólna, formalna charakterystyka pracy

Recenzowana rozprawa została przedstawiona na 124 stronach maszynopisu i zawiera poza wprowadzeniem:

- rozdział pierwszy, w którym Doktorant dokonał oceny zalet i wad połączeń klejowych oraz ich zastosowania w budowie maszyn,
- rozdział drugi poświęcony głównie problemowi adhezji połączeń klejowych,
- rozdział trzeci, w którym Doktorant przeanalizował wpływ czynników konstrukcyjnych i technologicznych na wytrzymałość połączeń klejowych,
- rozdział czwarty poświęcony problematyce trwałości połączeń klejowych,
- rozdział piąty będący wnioskami z przeprowadzonej analizy literatury,
- rozdział szósty, w którym Doktorant przedstawił cel i zakres pracy,
- rozdział siódmy opisujący metodykę i zakres badań,
- rozdział ósmy zawierający wyniki badań,
- rozdział dziewiąty, w którym Doktorant przeprowadził analizę statystyczną uzyskanych wyników,
- rozdział dziesiąty z wynikami analizy MES wpływu zmian temperatury na wyężenie spoin analizowanych połączeń,
- podsumowanie i wnioski z przeprowadzonych badań i analiz,
- wykaz cytowanej literatury, zawierający 87 pozycji, w tym kilka stron internetowych,
- streszczenia pracy w języku polskim i angielskim.

2. Ocena tematu i zakresu pracy

W recenzowanej pracy Doktorant podjął się oceny trwałości czopowych walcowych adhezyjnych połączeń stopu aluminium z kompozytem szklano-epoksydowym narażonych na oddziaływania atmosferyczne oraz szokowe zmiany temperatury. Oceny dokonał na podstawie analizy literatury oraz badań eksperymentalnych i numerycznych. Wyniki tych badań mają istotne znaczenie użytkowe ze względu na stosowanie badanych przez Doktoranta materiałów i połączeń we wsporczych izolatorach napowietrznych wysokiego i bardzo wysokiego napięcia. Dypłomant badał wpływ dwuletniego sezonowania takich połączeń w warunkach atmosferycznych oraz szoków termicznych w zakresie od -20 do +60 °C na ich wytrzymałość. Podjęcie tej tematyki uważam za celowe i ze względu na znaczenie praktyczne wyników, i ze względu na rozwinięcie wiedzy dotyczącej właściwości połączeń adhezyjnych.

3. Ocena rozprawy

Do podstawowych zalet rozprawy pod względem wyboru metod i zakresu badań, opracowania i prezentacji wyników oraz badawczego wkładu Doktoranta zaliczam:

- a) podjętą tematykę,
- b) obszerną analizę właściwości połączeń klejowych na podstawie literatury,
- c) szeroki zakres badań eksperymentalnych (wytrzymałościowych, profilometrycznych) z wykorzystaniem różnych klejów, różnych grubości spoin i sposobów przygotowania powierzchni do klejenia, jak również próbę przeprowadzenia badań numerycznych.

Recenzowana praca wnosi, moim zdaniem, oryginalny wkład w rozwój inżynierii materiałowej, za który uważam rozwinięcie wiedzy o właściwościach wytrzymałościowych adhezyjnych hybrydowych połączeń czopowych walcowych oraz procesach starzenia takich połączeń i ich odporności na cykliczne zmiany temperatury. Doktorant wykazał, że obciążenia cieplne stosowane w badaniach nie powodują istotnego spadku wytrzymałości, podobnie jak starzenie w wypadku kleju utwardzanego w temperaturze otoczenia.

Przedstawiona praca świadczy o dobrym przygotowaniu Doktoranta do planowania i prowadzenia badań eksperymentalnych oraz ich analizy, co stanowi dobrą podstawę do samodzielnego prowadzenia dalszych badań naukowych.

Lektura całości rozprawy sprawia pozytywne wrażenie, chociaż występują w niej drobne błędy językowe. Niewłaściwie jednak podany jest spis literatury; albo należy podawać literaturę w kolejności cytowania, albo w kolejności alfabetycznej. Brak spisu skrótów i oznaczeń utrudnia analizę pracy. W obliczeniach numerycznych nie wyjaśniono dostatecznie sposobu

doboru stałych materiałowych kompozytu wynikających ze sposobu wzmacniania go włóknami szklanymi. Czy jest to kompozyt monotropowy, ortotropowy czy quazi-izotropowy?

Rozprawa jest logiczna, nie mam również uwag do prowadzonego eksperymentu, który uważam za wyjątkowo starannie przeprowadzony.

Moje uwagi, na które oczekuję od Dyplomanta wyjaśnienia są następujące:

- dlaczego tak znacznie różni się nośność połączeń wykonanych Araldite 2014 na rysunkach 52 i 53,
- dlaczego zarówno przyrost temperatury jak i jej spadek skutkuje dodatnimi wartościami naprężeń promieniowych w obliczeniach MES co wydaje się niezgodne z prawami fizyki?

W obliczeniach numerycznych Doktorant niepotrzebnie, moim zdaniem, modelował spoinę czterema warstwami elementów zamiast jedną. Modelowanie jedną warstwą elementów wyeliminowałoby skoki naprężeń przy krawędziach w tak zwanych punktach osobliwych. W pracy nie podano, w której warstwie elementów analizowano rozkład naprężeń. Uważam, że dodatkowe obliczenie naprężeń w spoinach połączeń obciążonych określonymi eksperymentalnie siłami niszczącymi pozwoliłoby obliczyć stosunek naprężeń wynikających ze zmiany temperatury do naprężeń niszczących, co mogłoby być podstawą prognozowania trwałości zmęczeniowej badanego połączenia adhezyjnego.

Przy lekturze pracy zauważyłem kilka pomyłek i niezręczności językowych:

- jednostkami wytrzymałości są zasadniczo Pa, jeśli „wytrzymałość” podajemy w N to raczej powinniśmy nazywać ją nośnością – rys. 8, 12, 15,
- str. 5. dwukrotnie wymieniona została zdolność tłumienia drgań jako zaleta połączeń klejowych,
- str. 5. naprężenia w spoinie nie są równomiernie rozłożone i klejenie nie umożliwia szybkiego montażu ze względu na czas utwardzania spoiny,
- str. 7. czego dotyczy brak naprężeń?, powinno być również „obciążona”, a nie „odporna”,
- str. 8. co to za temperatura – 800°C,
- str. 16. polimery termoplastyczne są rozpuszczalne i nieodporne na wysokie temperatury,
- str.18. czym się różni ozonowanie i utlenianie za pomocą ozonu?
- str. 33. topniki, osłony gazowe oraz próżnię stosuje się przy spawaniu i lutowaniu,
- str. 34. przyspieszacze skracają czas utwardzania spoin,

- str. 36. co to są „naprężenia szczytowe”?
- rys. 32. powinno być „rdzeń szklano-epoksydowy”,
- str.58. nie „ilość cykli” tylko „liczba cykli”,
- „poprzez” pisze się razem,
- str. 61. utwardzacz nie wzbogaca kleju tylko powoduje jego sieciowanie,
- po co w obliczeniach numerycznych podawano wartości przewodności właściwej, jeśli obliczenia prowadzono dla stanów ustalonych?

4. Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę zakres i poziom recenzowanej pracy doktorskiej, jej bezpośredni związek z praktyką inżynierską oraz brak poważnych uwag merytorycznych stwierdzam, że spełnia ona wymagania stawiane rozprawom doktorskim w rozumieniu art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, Dziennik Ustaw nr 65, poz. 595. Wnioskuje zatem o dopuszczenie mgra inż. Przemysława Bielendy do publicznej obrony Jego rozprawy.