

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Zieleckiego nt.
„Numeryczno-eksperymentalna analiza naprężeń oraz nośności zakładkowych połączeń
klejowych ze zmodyfikowaną strefą przykrawędziową”

Niniejszą recenzję opracowano na zlecenie Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej prof. dra hab. inż. Jarosława Sępa– pismo nr RM-530-03-02-2016 z dnia 04 kwietnia 2017 r.

1. Ogólna, formalna charakterystyka pracy

Recenzowana rozprawa została przedstawiona na 131 stronach maszynopisu i zawiera poza wykazem oznaczeń i skrótów oraz wprowadzeniem:

- rozdział pierwszy, w którym Doktorant dokonał przeglądu literatury dotyczącej: klejenia konstrukcyjnego, technologii klejenia, wytrzymałości doraźnej połączeń obciążonych na ścinanie, sposobów zwiększania ich wytrzymałości poprzez odpowiednie kształtowanie łączonych elementów oraz możliwości wykorzystania MES do analizy naprężeń w spoinach takich połączeń,

- rozdział drugi opisujący cel i zakres pracy,

- rozdział trzeci zawierający opis badanych połączeń i właściwości materiałów wykorzystywanych do wykonywania próbek,

- rozdział czwarty, w którym przedstawiono wyniki liniowej analizy numerycznej naprężeń w połączeniach mających być obiektem badań eksperymentalnych,

- rozdział piąty, w którym Doktorant opisał metodykę badań doświadczalnych (technologię wykonywania próbek, badania wytrzymałościowe, wyznaczanie właściwości mechanicznych kleju i klejonych blach oraz sposób oceny przygotowania powierzchni do klejenia),

- rozdział szósty zawierający analizę wyników badań eksperymentalnych,

- rozdział siódmy zawierający wyniki nieliniowej analizy numerycznej badanych eksperymentalnie połączeń oraz dyskusję tych wyników,

- wnioski z przeprowadzonych badań i analiz,

- wykaz cytowanej literatury, zawierający 101 pozycji.

2. Ocena tematu i zakresu pracy

W przedłożonej pracy Autor podjął ważny temat związany z potrzebą optymalizacji wytrzymałości konstrukcyjnych połączeń klejowych, które znajdują szerokie zastosowanie w budowie współczesnych pojazdów, statków powietrznych oraz różnych maszyn i urządzeń. Co prawda badania dotyczyły wytrzymałości doraźnej, która nie jest jedynym kryterium możliwości praktycznego stosowania połączeń klejowych, ale jest pierwszym podstawowym, które powinno być spełnione. Należy się spodziewać, że zwiększenie wytrzymałości doraźnej powinno skutkować zwiększeniem trwałości zmęczeniowej połączeń klejowych, jak również ich statycznej trwałości czasowej. Rozwiązania konstrukcyjne polegające na odpowiednim kształtowaniu krawędzi łączonych elementów w celu zwiększenia ich wytrzymałości są znane z licznych publikacji, ale dotyczą one głównie zewnętrznych krawędzi. Doktorant zaproponował kształtowanie krawędzi bezpośrednio kontaktujących się ze spoiną klejową, co jest metodą mniej rozpoznaną. Podjęcie tej tematyki uważam za celowe i pożyteczne.

3. Ocena rozprawy

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

- a) podjętą tematykę, zakres wykonanych badań eksperymentalnych i obliczeń numerycznych oraz próbę ich wzajemnej weryfikacji,
- b) badania eksperymentalne właściwości mechanicznych materiałów wykorzystywanych do wytwarzania badanych połączeń oraz wytrzymałości próbek ze zmodyfikowaną strefą przykrawędziową,
- c) przeprowadzenie zaawansowanych obliczeń MES w zakresie liniowym i nieliniowym w celu wyjaśnienia uzyskanych wyników badań eksperymentalnych, a zwłaszcza niższej od oczekiwanej wytrzymałości próbek stalowych,
- d) racjonalne wykorzystanie technik komputerowych, zarówno do obliczeń jak i edytorskiej strony pracy.

Zadaniem recenzenta jest wykazanie, że recenzowana praca wnosi oryginalny wkład w rozwój określonej dziedziny naukowej, za który uważam udowodnienie możliwości zwiększania wytrzymałości zakładkowych połączeń klejowych poprzez odpowiednie kształtowanie ich stref przykrawędziowych oraz ocenę ilościową wpływu przekroczenia granicy plastyczności w łączonych elementach na rozkład naprężeń w spoinie klejowej połączenia zakładkowego. Przedstawiona praca świadczy o dobrym przygotowaniu doktoranta do prowadzenia badań eksperymentalnych oraz umiejętnym korzystaniu z zaawansowanych programów obliczeniowych, co stanowi dobrą podstawę do samodzielnego prowadzenia

dalszych badań naukowych. Lektura całości rozprawy sprawia pozytywne wrażenie. Rozprawa jest logiczna, nie mam również poważniejszych uwag co do prowadzonego eksperymentu oraz poprawności wnioskowania, chociaż wnioski końcowe wydają mi się zbyt rozbudowane poprzez powtarzanie ilościowych wartości wyników badań eksperymentalnych i numerycznych.

Uwagi merytoryczne, na które oczekuję wyjaśnień od Doktoranta:

- długość graniczna zakładki nie wynika z plastycznych odkształceń klejonych elementów tylko z praktycznie zerowej wartości naprężeń stycznych w środkowych częściach długich spoin połączeń obciążonych na ścinanie,

- pomiary stanu powierzchni klejonych materiałów i swobodnej energii powierzchniowej wymagają głębszego komentarza i uzasadnienia stwierdzenia, że pomiary „świadczą o wystarczającej zwilżalności powierzchni”,

- obliczenia numeryczne prowadzono tylko dla płaskiego stanu odkształcenia nie podejmując próby oszacowania błędu wynikającego z przyjęcia tego założenia upraszczającego,

- w statystycznej analizie wyników badań eksperymentalnych opartej na komercyjnym programie wykazano jedynie, że w badanych grupach połączeń występują statystycznie istotne różnice lecz nie wykazano, które z zastosowanych modyfikacji krawędzi powodują istotną zmianę wytrzymałości w stosunku do połączeń wyjściowych,

- analizy oraz próby wyjaśnienia wymagają również istotne różnice między wynikami badań eksperymentalnych i obliczeń numerycznych oraz obliczonych wartości naprężeń w spoinach przekraczających 200 MPa.

Drobne uwagi redakcyjne przedstawię w kolejności pojawiania się zagadnienia w treści rozprawy:

- spis literatury powinien być alfabetyczny lub w kolejności cytowania,
- naprężenia opisane wzorem 1.5 są naprężeniami maksymalnymi głównymi dla płaskiego stanu naprężenia,
- wydaje mi się, że we wzorze 1.7 w argumentie funkcji \coth „2” powinna znajdować się w liczniku,
 - d jest grubością spoiny, a nie szerokością łączonych blach (str. 26)
 - we wzorze 1.9 jest zbyt dużo „2”,
 - na rys. 1.15 nie są opisane serie 1 i 2,
 - w tabeli 5.1 przedstawiono wymiary a i b dla próbek ze stopu tytanu,
 - połączenia tytan-stal nie są jednoimiennymi (str. 76).

4. Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę zakres i poziom recenzowanej pracy doktorskiej oraz jej bezpośredni związek z praktyką inżynierską 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. Krzysztofa Zieleckiego do publicznej obrony Jego rozprawy.

