

Dr hab. inż. Marek Szostak, prof. PP  
Wydział Inżynierii Mechanicznej  
Instytut Technologii Materiałów  
Zakład Tworzyw Sztucznych  
Politechniki Poznańskiej

Poznań, 6 listopada 2024r.

## ***Recenzja***

**rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Kamila ANASIEWICZA**  
**pt. „Pozorny moduł Younga w prognozowaniu wytrzymałości połączeń klejonych”**  
wykonanej pod kierunkiem  
**Promotora prof. dr hab. inż. Józefa Kuczmazewskiego**

Podstawą do wykonania recenzji było pismo nr RDN/IM/ 202/2024  
Zastępcy Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna  
Politechniki Lubelskiej  
dr hab. inż. Jarosława Bieniaś z dnia 11.09.2024 r.

oraz

Umowa o dzieło nr RDN/IM/54/2024 z dnia 13.09.2024 roku

### **Podstawowe informacje o mgr inż. Kamilu Anasiewicz**

Pan mgr inż. Kamil Anasiewicz stopień inżyniera uzyskał w dniu 16.02.2012 r. na Politechnice Lubelskiej na Wydziale Mechanicznym, kierunek Mechanika i Budowa Maszyn, specjalność: Komputerowo wspomagane projektowanie technik wytwarzania, praca inżynierska pt.: „Analiza wytwarzania części składowej sprzęgła kłowego”, a stopień magistra 26.09.2013 r. również na Politechnice Lubelskiej na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn, specjalność Technologia Maszyn, praca magisterska pt.: „Symulacja odkształcenia cienkościennej konstrukcji kieszeniowej w procesie obróbki frezowaniem”.  
Wcześniej nie ubiegał się o tytuł doktora.

### **Przebieg pracy naukowo-zawodowej**

**01.10.2015 – obecnie** Asystent na Wydziale Mechanicznym Politechniki Lubelskiej w Katedrze Podstaw Inżynierii Produkcji. Praca na stanowisku naukowo-dydaktycznym.

**01.10.2015 – 30.09.2018** Studia doktoranckie na Politechnice Lubelskiej, Wydział Mechaniczny, Budowa i eksploatacja maszyn.

**01.01.2014 – 30.09.2015** REMET S.A. – Stanowisko - Project Manager.

**01.09.2012 – 31.12.2013** ANWOD Zakład Produkcji Armatury Wodociągowej. Stanowisko konstruktor – technolog.

### **Dorobek naukowy**

Prowadzone przez Pana Kamila Anasiewicza badania zaowocowały przygotowaniem 12 artykułów, których był współautorem (jest pierwszym autorem dziesięciu z nich, a drugim w pozostałych dwóch). Jest również współautorem 4 patentów i 2 zgłoszeń patentowych oraz brał udział w realizacji 8 projektów badawczych. Odbił 14 szkoleń, 1 staż zagraniczny w Danish Technical University (DTU) w Kopenhadze oraz był współorganizatorem dwóch Seminarium Naukowych i członkiem Komitetów Organizacyjnych dwóch Konferencji Międzynarodowych. Według bazy **Scopus** jego **5** publikacji cytowanych było **19** razy a indeks Hirscha wynosi **3** (dane na dzień 01.11.2024), według bazy **Web of Science** **6** publikacji cytowanych było **22** razy, Index Hirscha **3** a według bazy **Google Scholar** - **12** publikacji Doktoranta cytowanych było **38** razy a Index Hirscha wynosi **4**. Dorobek publikacyjny Pana Kamila Anasiewicza dał łącznie 1162 punktów MEiN i należy ocenić go jako bardzo dobry.

### **Informacje o ocenianej rozprawie doktorskiej**

Tytuł rozprawy **mgr inż. Kamila Anasiewicza** to: „**Pozorny moduł Younga w prognozowaniu wytrzymałości połączeń klejonych**”

Promotorem rozprawy jest **prof. dr hab. inż. Józef Kuczmaszewski**.

### **Ocena układu rozprawy doktorskiej**

Praca o objętości 175 stron zawiera: spis treści, streszczenie, wykaz oznaczeń, wstęp, analizę stanu wiedzy oraz pięć rozdziałów głównych: problemy analizowane w badaniach, opis prowadzonych badań, wyniki badań własnych, statystyczne opracowanie wyników, oraz podsumowanie i wnioski końcowe. Kolejne części pracy to: spis rysunków, spis tabel oraz bibliografia.

We wstępie Doktorant zasygnalizował znaczenie klejenia konstrukcyjnego w procesach montażu części maszyn oraz w procesach naprawczych. Podkreślił popularność klejów na bazie żywic epoksydowych charakteryzujących się doskonałą adhezją, odpornością chemiczną a

także możliwością ich szerokiej modyfikacji. Podkreślił również złożoność problemu modelowania numerycznego klejów i połączeń klejowych oraz wskazał zjawiska adhezji, kohezji i zwilżalności jako główne czynniki determinujące poprawność wykonywanych połączeń klejowych.

W rozdziale drugim „Analiza stanu wiedzy” doktorant opisał krótko charakterystykę klejów i połączeń klejowych, teorię adhezji, definicję kohezji. Przedstawił także wady w połączeniach klejowych oraz zaprezentował problematykę połączeń klejowych w modelowaniu numerycznym. W rozdziale tym opisał zjawisko pozornego modułu Younga spoin klejowych oraz modele analityczne połączeń klejowych. Rozdział ten kończy podsumowanie uzasadniające podjęcie tematyki doktoratu, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu pozornego modułu Younga na sztywność połączeń klejowych.

Część doświadczalną pracy otwiera rozdział trzeci: „Problemy analizowane w badaniach”, w którym przedstawił uzasadnienie podjęcia tematu rozprawy, cel i zakres pracy oraz hipotezy rozprawy doktorskiej. Głównym celem pracy jest sprawdzenie „czy możliwe jest poprawienie dokładności prognozowania wytrzymałości połączeń klejowych w modelowaniu metodą elementów skończonych w oparciu o uwzględnienie w modelowaniu następstw zjawiska pozornego modułu Younga na grubości spoiny klejowej”. Celem dodatkowym jest określenie wielkości oraz zasięgu zmian, znanych pod nazwą pozornego modułu Younga, w spoinie. Doktorant sformułował w nim również dwie hipotezy badawcze, stwierdzające, że:

- po pierwsze, zjawiska związane z adhezją na granicy faz metal-klej w sposób specyficzny wpływają na strukturę i właściwości strefy przyściennej utwardzonego kleju, zwłaszcza na jego sztywność,
- po drugie, istnieje możliwość zwiększenia dokładności prognozowania wytrzymałości połączeń klejowych, metodą symulacji numerycznej, poprzez uwzględnienie zjawisk zachodzących w strefie przyściennej spoiny klejowej.

W rozdziale tym Doktorant przedstawił też zakres prac wykonanych podczas realizacji doktoratu.

W rozdziale czwartym „Opis prowadzonych badań” doktorant opisał obiekt badań, stosowane materiały oraz metodykę badań.

Rozdział 5 pt.: „Wyniki badań własnych” to najważniejszy fragment pracy doktorskiej, przedstawiający na 37 stronach (w postaci wykresów, tabel i zdjęć) uzyskane rezultaty badań wraz z ich analizą.

Kolejny rozdział to „Statystyczne opracowanie wyników”. Doktorant opisał w nim statystyczną analizę wyników uzyskanych z badań własnych, aby ocenić istotność

obserwowanych różnic. Na bazie przeprowadzonej analizy statystycznej sformułowano wniosek o wpływie analizowanych zmiennych – pierwotna sztywność kleju, materiał łączony, grubość spoiny oraz położenie punktu pomiarowego na grubości spoiny, na wartość modułu Younga spoiny klejowej oraz wykazano, że relacja między sztywnością kleju a grubością spoiny klejowej ma wpływ na: (a) wytrzymałość połączenia klejowego i (b) na wydłużenie niszczące połączenie klejowego.

Rozdział 7 to „Podsumowanie pracy i wnioski końcowe” sformułowane przez Doktoranta.

Po części doświadczalnej Autor umieścił: spis rysunków i tabel oraz wykorzystaną do przygotowania pracy bibliografię (143 pozycje).

Praca ma więc dość typowy dla prac doktorskich układ obejmujący: opis zagadnień dotyczących przedmiotu badań, przedstawienie celu i zakresu pracy, część dotyczącą materiałów i metod badawczych, przedstawienie wyników badań i ich dyskusję, podsumowanie i wnioski końcowe oraz bibliografię.

Praca napisana jest poprawnym językiem, zredagowana jest bardzo starannie i zawiera nieliczne błędy redakcyjne i literowe. Redakcja pracy jest przejrzysta a podział na rozdziały logiczny. Treści o charakterze formalnym są sformułowane w sposób ścisły a ponadto dla ich lepszego zilustrowania zamieszczono właściwie dobrane rysunki (73) i tabele (34).

### **Ocena zastosowanego piśmiennictwa**

Autor rozprawy w bibliografii zawarł 143 pozycje dotyczące tematyki pracy, w tym 4 pozycje własne. Zdecydowana większość pozycji literaturowych to odnośniki w języku angielskim (105). Zacytowane przez Doktoranta pozycje literatury zostały dobrane we właściwy sposób zarówno w analizie literatury, jak i w opisie metodyki badań oraz analizie wyników.

### **Ocena celu rozprawy**

Głównym celem rozprawy było, jak wspomniałem powyżej, sprawdzenie możliwości poprawienia dokładności prognozowania wytrzymałości połączeń klejowych w modelowaniu metodą elementów skończonych w oparciu o uwzględnienie w modelowaniu następstw zjawiska pozornego modułu Younga na grubości spoiny klejowej. Celem dodatkowym rozprawy było określenie wielkości oraz zasięgu zmian, znanych pod nazwą pozornego modułu Younga, w spoinie.

Na bazie przeprowadzonych badań wykazano, że wartość modułu Younga zmienia się istotnie na grubości spoiny klejowej, osiągając najwyższe wartości w strefie przyściennej, blisko granicy faz klej-metal, a następnie maleje w kierunku rdzenia spoiny. Wykazano, że spoina może być podzielona na strefy o różnych wartościach modułu Younga, przy czym dla klejów „elastycznych” różnice te wynoszą około 24%, a dla „sztywnych” około 15%. Uwzględnienie tych zmian w modelowaniu numerycznym połączeń klejowych pozwala na dokładniejsze prognozowanie wytrzymałości połączeń, co pozytywnie weryfikuje przyjęte hipotezy badawcze. Zauważono, że szczególnie w przypadku bardzo cienkich spoin, zastosowanie modelu uwzględniającego zmienność modułu Younga może poprawić dokładność modelowania. Wyniki prac eksperymentalnych pozwoliły na zaproponowanie metody modelowania spoin, która poprawia precyzję przewidywania ich wytrzymałości.

Przedstawione w pracy wyniki badań połączeń klejowych oraz opisane zależności należy uznać za ważne z praktycznego punktu widzenia, gdyż mogą mieć istotne znaczenie w zastosowaniach przemysłowych, takich jak lotnictwo i motoryzacja, gdzie precyzyjne modelowanie połączeń klejowych jest kluczowe.

Dynamiczny rozwój zastosowań technologii klejenia w różnych gałęziach przemysłu sprawia, że opis zjawisk związanych z adhezją na granicy faz metal-klej oraz opracowywanie metod modelowania spoin klejowych z uwzględnieniem różnic w sztywności spoiny klejowej na jej grubości posiada niezaprzeczalne cechy innowacyjności. Oceniana rozprawa poświęcona jest więc aktualnej, ważnej i ciekawej tematyce badawczej.

Cele pracy uważam za właściwie sformułowane i uwzględniające aktualne trendy badawcze.

### **Ocena zastosowanych metod badawczych**

Do realizacji celu rozprawy Autor zastosował w swoich pracach doświadczalnych następujące badania: nanoindentacyjne, wyznaczenie Modułu Younga tworzywa klejowego, określenie wytrzymałości połączeń dwu-nakładkowych klejonych wybranymi klejami oraz weryfikację numeryczną wycięcia połączeń klejowych. Autor zmieniał wybrane wielkości charakteryzujące proces klejenia, a mianowicie: grubość spoiny, rodzaj materiału przyłącza, grubość spoiny klejowej, sztywność kleju, rodzaj modelu numerycznego oraz charakterystyki materiałowe.

Powyższe metody badawcze zostały dobrane właściwie, a ich metodyka została poprawnie opisana. Wyniki przeprowadzonych badań również zostały we właściwy sposób wyznaczone i zinterpretowane.

## Ocena merytoryczna pracy

Oceniając merytoryczną stronę rozprawy należy stwierdzić, że jej tytuł „**Pozorny moduł Younga w prognozowaniu wytrzymałości połączeń klejonych**” adekwatnie oddaje istotę zagadnień, którymi w pracy zajmował się Doktorant. W rozdziale drugim rozprawy Autor scharakteryzował kleje i połączenia klejowe, opisał teorię konstytuowania się połączeń klejowych, zjawiska adhezji i kohezji oraz wady w połączeniach klejowych. Przedstawił również połączenia klejowe w modelowaniu numerycznym, zjawisko pozornego modułu Younga spoin klejowych oraz modele analityczne połączeń klejowych. Rozdział ten, co ważne, zamykają ustalenia podsumowujące przeprowadzoną analizę aktualnego stanu wiedzy z zakresu tematyki pracy. Część teoretyczna napisana została w sposób zwięzły i poprawnym językiem. W kolejnym rozdziale Autor przedstawił uzasadnienie podjęcia rozprawy, cel i zakres pracy oraz hipotezy rozprawy doktorskiej.

Celem pracy było poprawienie dokładności prognozowania wytrzymałości połączeń klejowych w modelowaniu metodą elementów skończonych w oparciu o uwzględnienie w modelowaniu następstw zjawiska pozornego modułu Younga na grubości spoiny klejowej a także określenie wielkości oraz zasięgu zmian, znanych pod nazwą pozornego modułu Younga, w spoinie. Aby zrealizować ten cel Autor rozprawy wykonał bardzo obszerny zakres prac badawczych.

Doktorant w wyniku realizacji badań wykazał, że dla dokładnego modelowania i projektowania połączeń klejowych, szczególnie tych o bardzo cienkich spoinach, kluczowe jest uwzględnienie zmienności modułu Younga w spoinie. Ma to znaczące konsekwencje dla przemysłowych zastosowań klejenia, gdzie precyzja i niezawodność połączeń są krytyczne, np. w lotnictwie, motoryzacji czy inżynierii konstrukcyjnej

Wartym podkreślenia innym osiągnięciem Autora jest wykazanie, że zjawiska związane z adhezją na granicy faz metal-klej w sposób specyficzny wpływają na strukturę i właściwości strefy przyściennej utwardzonego kleju, co skutkuje zmianą sztywności materiału spoiny na jej grubości.

Kolejnymi, wybranymi szczegółowymi rezultatami prac badawczych uzyskanymi przez doktoranta podczas realizacji doktoratu, są:

- największą wartość modułu Younga zaobserwowano w pobliżu granicy faz klej-metal, wraz z oddalaniem się od brzegu spoiny wartość modułu Younga zmniejsza się,
- na grubości spoiny klejowej można wyodrębnić strefy, które różnią się wartością modułu Younga,

- średnia różnica w wartości modułu Younga pomiędzy strefą przyścienną a rdzeniem spoiny dla klejów „elastycznych” wynosi 24%, dla klejów „sztywnych” 15%,
- na podstawie rozkładu wartości modułu Younga na grubości spoiny klejowej ustalono, że wielkość strefy przyściennej, o podwyższonej wartości modułu Younga, wynosi około 0,015 mm,
- wartość modułu Younga w spoinie klejowej jest wyższa niż wartość modułu Younga określona w badaniach tworzywa klejowego w formie wiosełka,
- średnia wartość modułu Younga w spoinach klejowych jest uzależniona od grubości spoiny klejowej. W spoinach o grubości bliskiej i większej niż 0,1 mm wartość modułu Younga ulega normalizacji w środku spoiny,
- w spoinach o grubości poniżej 0,05 mm można zaobserwować znacznie wyższe wartości modułu Younga materiału spoiny w stosunku do materiału tworzywa klejowego w postaci odlewanego wiosełka,
- porównując wartości modułu Younga kleju na grubości skleiny dla różnych materiałów przyłączy, można obserwować różnice uzależnione od rodzaju stosowanego kleju,
- porównując spoiny wykonane klejem „elastycznym” (z dodatkiem PAC), a klejem „sztywnym” (z dodatkiem Z1), zauważono bardziej wyraźny podział spoiny na strefy w przypadku kleju „elastycznego”,
- uwzględnienie różnic w wartości modułu Younga na grubości spoiny klejowej pozwala na poprawę dokładności prognozowania wytrzymałości połączeń klejowych,
- uwzględnienie niejednorodności właściwości materiałowych na grubości spoiny klejowej w symulacji MES, wiąże się z koniecznością modyfikacji materiału, co jest możliwe poprzez zastosowanie formuł użytkownika,
- w przypadku spoin o grubości około 0,05 mm, zaobserwowano większą wytrzymałość połączeń klejowych w stosunku do spoin o grubości 0,1 mm.

Analiza wyników przeprowadzonych badań doświadczalnych pozwoliła Autorowi na sformułowanie wniosków o charakterze szczegółowym i ogólnym uwzględniających zależności oraz interakcje pomiędzy badanymi wielkościami (parametrami procesu klejenia a właściwościami połączeń klejonych oraz zmianami w pozornym module Younga a uzyskiwanymi wynikami obliczeń numerycznych połączeń klejowych). Łącznie we wnioskach końcowych z pracy Doktorant przedstawił 17 wniosków poznawczych.

Uzyskane wyniki badań zostały starannie opisane, przeanalizowane i podsumowane. Podkreślić należy fakt, że praca zawiera bardzo obszerny materiał badawczy a uzyskane wyniki przedstawione przez Autora mogą stanowić szeroką bazę danych o właściwościach wytrzymałościowych połączeń klejowych. Na bazie wyników badań eksperymentalnych Doktorant zaproponował metodę modelowania spoin, która istotnie poprawia precyzję przewidywania ich wytrzymałości, co może mieć istotne znaczenie w zastosowaniach przemysłowych, takich jak lotnictwo i motoryzacja. Otrzymane wyniki mają więc dużą wartość poznawczą i użytkową dla kształtowania właściwości połączeń klejowych, jak również projektowania procesów klejenia materiałów. Praca napisana jest na odpowiednim poziomie naukowym i świadczy o dobrym przygotowaniu doktoranta do prowadzenia samodzielnych badań naukowych

### **Ocena omówienia wyników badań**

Wyniki badań Doktorant przedstawił i omówił we właściwy sposób. Ich wiarygodność poparta jest obszerną statystyczną analizą wyników badań własnych dla oceny istotności obserwowanych różnic. Ponadto przeprowadzona analiza wyników jest dogłębna i odpowiednio poparta wynikami badań przedstawionych w odnośnikach literaturowych pracy.

### **Ocena możliwości praktycznego zastosowania wyników badań**

W ramach rozprawy doktorskiej mgr inż. Kamil Anasiewicz poszerzył w znaczący sposób wiedzę na temat prognozowania wytrzymałości połączeń klejowych. Wyznaczone wartości modułu Younga na grubości spoiny, charakterystyka wyężenia połączeń klejonych oraz opracowanie modelu numerycznego mogą być bardzo przydatne do praktycznych działań związanych z projektowaniem i prognozowaniem wytrzymałości połączeń klejowych. Wyniki te mogą stanowić również bazę danych, która ułatwi wykorzystanie różnych typów klejów w praktyce przemysłowej. Są one także bardzo istotne z punktu widzenia dalszego doskonalenia i podnoszenia wiarygodności obliczeń numerycznych połączeń klejowych.

Należy dodać, że opiniowana rozprawa doktorska ma również korzystny wpływ na popularyzację praktycznego zastosowania technologii klejenia materiałów w przemyśle.



## Ocena oryginalności rozwiązania problemu naukowego

Problem naukowy postawiony w pracy przez Doktoranta czyli prognozowanie wytrzymałości połączeń klejowych, wymagał przeanalizowania różnic modułu Younga spoiny na jej grubości oraz ewentualnej różnicy w odniesieniu do modułu Younga tworzywa klejowego jako odrębnej struktury. Kolejnym ważnym problemem naukowym poruszonym w rozprawie było zaadaptowanie uzyskanych wyników badań w oprogramowaniu MES. Wiązało się to z koniecznością modelowania materiału o nieliniowych właściwościach odpowiadających rzeczywistemu materiałowi, co z kolei wymagało utworzenia odpowiedniego podprogramu, którego zadaniem było odwzorowanie zmian we właściwościach kleju w spoinie.

W związku z faktem, że w literaturze światowej brak było pozycji kompleksowo opisujących zjawiska związane z konstytuowaniem połączeń klejowych, podjętą w rozprawie problematykę należy uznać za aktualną i o istotnym znaczeniu.

## Uwagi krytyczne i redakcyjne

Praca przygotowana jest bardzo starannie zarówno z punktu widzenia poprawności metodologicznej pracy, jak i jej zredagowania (w tym graficznego). Mam tylko kilka uwag krytycznych oraz kilka drobnych uwag redakcyjnych.

Główna uwaga krytyczna dotyczy rozdziału nr 7 „Podsumowanie i wnioski końcowe”, który powinien być bardziej rozbudowany i zawierać, poza samym wyszczególnieniem wniosków końcowych, bardziej opisową i krytyczną analizę wyników badań. Pewnym niedociągnięciem jest również brak wskazania dalszych kierunków badań, poza ostatnim zdaniem w rozdziale 7, które powinno zostać istotnie rozszerzone.

W rozdziale 4.6. Badania modułu Younga tworzywa klejowego: brak jest podanej prędkości rozciągania próbek (w normie jest kilka możliwych prędkości – należałoby wskazać stosowaną przez Doktoranta w badaniach).

Na rys. 4.8. „Stanowisko badawcze z ultrananoindenterem CSN Instruments” niewiele jest widać. Zbliżenie na zamontowaną próbkę mogłoby być większe, można by też zaznaczyć numerami i opisać najważniejsze elementy składowe stanowiska.

Spis rysunków i tabel umieściłbym raczej po, a nie przed bibliografią pracy.

Kilka drobnych uwag redakcyjnych wymieniam poniżej:

- Str. 31 Jest: „, dodatkowego ładunku dodatniego, który stanowią jony dodatnie..... Powinno być „.....dodatkowego ładunku, który stanowią jony dodatnie .....,
- Str. 33 Jest: „W połączeniach klejowych równie decydującym o wytrzymałości połączenia jest kohezja”. Powinno być: W połączeniach klejowych równie ważnym zjawiskiem decydującym o wytrzymałości połączenia jest kohezja.
- Str. 36 Jest: „Włączenie w rozważania regionu międzyfazowego sprawia, że należy ten region rozpatrywać jako odrębny ośrodek”. Powinno być; „Włączenie w rozważania obszaru międzyfazowego sprawia, że należy rozpatrywać go jako odrębny ośrodek”.
- Str. 44 Jest: „Gdy materiały.....”. Powinno być: W przypadku, gdy materiały .....,
- Str. 49 Jest: „Dlatego też....” Powinno być ....., dlatego też.....,
- Str. 77 Jest: „Aby przygotować wytypowane kompozycje klejowe ....” Powinno być: Dla przygotowania wytypowanych kompozycji klejowych.....,
- Str. 79 Jest: „, ...blachy łączono razem....” Powinno być: ...blachy łączono ze sobą....,
- Str. 86 Jest: „, Aby zapewnić.....: Powinno być: Dla zapewnienia.....,
- Str. 91 Jest: „Aby odwzorować....” Powinno być: Dla odwzorowania.....,
- W pracy pojawiają się nieliczne błędy stylistyczne i interpunkcyjne: brak przecinków przed - „który”; „że”; „gdy” i „jak”.

Wymienione powyżej drobne uwagi krytyczne i redakcyjne, nie zmieniają jednak faktu, że oceniana praca z nadmiarem spełnia wszystkie wymogi stawiane rozprawom doktorskim. Proces konstytuowania połączeń klejowych oraz prognozowanie wytrzymałości tych połączeń obejmuje bardzo wiele obszarów (m.in.: zagadnienia teorii deformacji, lepko-sprężystości, modelowania cech spoiny klejowej, zjawisk na granicy faz, topografii powierzchni, właściwości mechanicznych, zjawisk powierzchniowych, adhezji, kohezji i zwilżalności oraz modelowania numerycznego), stąd bardzo wysoko oceniam osiągnięcia niniejszej pracy doktorskiej, zrealizowanej na wysokim poziomie poznawczo-utilitytarnym w zakresie dyscypliny naukowej – Inżynieria Mechaniczna.

### **Ocena czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej**

Rozprawa doktorska Pana Kamila Anasiewicza jest bardzo interesującą pracą naukową dotyczącą prognozowania wytrzymałości połączeń klejowych.

Uzyskane w trakcie realizacji pracy i zamieszczone w rozprawie wyniki badań są ciekawym i oryginalnym osiągnięciem Doktoranta, które osiągnął między innymi dzięki zastosowaniu zaawansowanych technik badawczych.

Uważam, że cel rozprawy został zrealizowany, a uzyskane wyniki stanowią zestaw bardzo cennych informacji o właściwościach spoin w połączeniach klejowych, ze szczególnym uwzględnieniem niejednorodności modułu Younga na grubości spoiny oraz o precyzyjnym modelowaniu połączeń klejowych.

Doktorant podczas realizacji pracy doktorskiej wykazał się dużą wiedzą i doświadczeniem badawczym a wyniki badań ściśle związanych z rozprawą doktorską przedstawił w czterech wysoko punktowanych recenzowanych publikacjach z listy JRC (wszystkie po 140 pkt.).

### **Podsumowanie oceny rozprawy doktorskiej**

Biorąc pod uwagę przedstawione powyżej moje opinie cząstkowe stwierdzam, iż praca mgr inż. Kamila Anasiewicza pt. **„Pozorny moduł Younga w prognozowaniu wytrzymałości połączeń klejonych”** w pełni odpowiada wymogom i spełnia wszystkie warunki stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązującą Ustawę, dlatego wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej Politechniki Lubelskiej.

Jednocześnie na podstawie ogólnej oceny rozprawy oraz wskazanych efektów naukowych wnioskuję o jej wyróżnienie, gdyż pomimo przedstawionych przeze mnie uwag uważam, że rozprawa wnosi istotne wartości do nauki. Problem pozornego modułu Younga jest znany, jednak określenie w badaniach eksperymentalnych wartości jego zmian w funkcji odległości od granicy faz, jest istotną nowością naukową. Doktorant wykorzystał do tego wyniki badań nanotwardości i związek nanotwardości z wartością modułu Younga. Zdefiniowanie zasięgu tych zmian umożliwiło Autorowi porównanie wyników modelowania MES, przy założeniu izotropowości spoiny oraz w sytuacji przyjęcia modelu spoiny podzielonej na 3 strefy, różniące się wartością modułu Younga. Warto podkreślić, że Doktorant wykorzystał w programie ABAQUS specjalny podprogram użytkownika USDFLD, który umożliwia zdefiniowanie zmiennych pola w punkcie materiałowym jako efektu badań doświadczalnych, co czyni model bardziej zbliżony do rzeczywistości. Porównanie wyników modelowania MES z wynikami badań niszczących, pozwoliło autorowi na zdefiniowanie

ważnych wniosków, dotyczących warunków w jakich przyjęcie anizotropowości spoiny klejowej w modelowaniu MES jest zasadne. Obszerne badania jakie Doktorant przeprowadził, poparte rzetelną analizą statystyczną, czynią te wnioski ważnymi i wiarygodnymi. Istotne jest także wykazanie, że dla spoin o grubości mniejszej od 0,1 mm, przyjęcie modelu anizotropowego spoiny czyni wyniki modelowania bliższymi wynikom badań doświadczalnych.

*Marek Szostak*

Dr hab. inż. Marek Szostak, prof. PP