

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Izabeli Miturskiej nt.
„Badania wpływu modyfikacji kompozycji epoksydowych
napęlniaczami na wybrane właściwości połączeń klejowych”

Recenzję opracowano na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Lubelskiej dr hab. inż. Piotra Budzyńskiego, profesora uczelni (pismo WM 182/2020 z dnia 21.12.2020 r.) na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Lubelskiej z dnia 16 grudnia 2020 r.

1. Wprowadzenie

Podjęty przez Doktorantkę temat rozprawy, dotyczący wpływu modyfikacji epoksydowych kompozycji klejowych napęlniaczami na ich właściwości mechaniczne i cieplne w stanie utwardzonym oraz wytrzymałość połączeń klejowych, należy do grupy problemów ważnych poznawczo i utylitarnie, ponieważ dotyczy poprawy właściwości użytkowych wyrobów poprzez zastosowanie odpowiednich połączeń spójnościowych.

Technologia klejenia części maszyn jest znana i stosowana praktycznie w wielu procesach montażowych wyrobów, które użytkowane są w różnych warunkach eksploatacyjnych. W literaturze przytaczane są liczne wyniki badań wpływu czynników technologicznych klejenia na właściwości połączeń klejowych. Mimo tego, że technologia klejenia została już dobrze przebadana, to podjęta w pracy tematyka posiada aspekt poznawczy, ponieważ dotyczy określenia wpływu modyfikacji kompozycji epoksydowych napęlniaczami organicznymi i nieorganicznymi na właściwości mechaniczne i cieplne kompozycji klejowych w stanie utwardzonym oraz właściwości wytrzymałościowe połączeń klejowych blach ze stopu aluminium EN AW 2024 T3, powszechnie stosowanego w przemyśle lotniczym i samochodowym. Ponadto w pracy podjęto się weryfikacji hipotezy naukowej zakładającej możliwość prognozowania wytrzymałości połączeń klejowych na podstawie wybranych właściwości mechanicznych kompozycji klejowych w stanie utwardzonym.

2. Charakterystyka rozprawy

Recenzowana praca doktorska liczy 196 stron, zawiera 76 rysunków, 60 tabel oraz wykaz ważniejszych oznaczeń. Cytowana w pracy literatura liczy 171 pozycji ze źródeł krajowych (52%) i zagranicznych (48%). Na szczególne podkreślenie zasługuje aktualność cytowanej w pracy literatury, co świadczy o dobrym rozeznaniu Autorki w tematyce rozprawy.

Praca została podzielona na 6 rozdziałów. Rozprawę otwiera wprowadzenie, w którym Autorka w zwięzły sposób charakteryzuje technologię klejenia oraz kierunki badań połączeń klejowych. W rozdziale drugim zamieszczony został przegląd literatury dotyczącej procesu klejenia, połączeń klejowych i sposobów zwiększania ich wytrzymałości oraz zastosowań konstrukcyjnych połączeń klejowych. Omówiono w nim również rodzaje klejów konstrukcyjnych, poświęcając więcej uwagi klejom epoksydowym, oraz wpływ fizycznej i chemicznej modyfikacji klejów epoksydowych. Przedstawiono klasyfikację napełniaczy oraz ich wpływu na właściwości kompozycji klejowych. Przegląd literatury kończy analiza publikacji dotyczących klejenia aluminium i jego stopów oraz wnioski wynikające z analizy literatury, które pozwoliły sformułować w rozdziale trzecim cele i zakres rozprawy.

W rozprawie sformułowano dwa cele naukowe. Pierwszym z nich było określenie wpływu modyfikacji kompozycji epoksydowych napełniaczami na i właściwości fizyczne (wytrzymałościowe) i technologiczne oraz właściwości wytrzymałościowe połączeń blach ze stopu aluminium sklejonych modyfikowanymi kompozycjami. Drugim celem rozprawy było określenie korelacji pomiędzy właściwościami mechanicznymi i cieplnymi zmodyfikowanych kompozycji klejowych w stanie utwardzonym a wytrzymałością połączeń klejowych wykonanych tymi kompozycjami.

W celu zrealizowania postawionych celów przeprowadzono badania eksperymentalne w dwóch etapach, których opis zamieszczono w rozdziale czwartym. Zawiera on również pełną informację o wykorzystanych w badaniach składnikach kompozycji klejowych, zastosowanych napełniaczach, sposobach przygotowania kompozycji klejowych, metodach badań właściwości mechanicznych kompozycji i połączeń klejowych, kształtach i wymiarach badanych próbek oraz metodach wykorzystanych do analizy statystycznej wyników badań.

Wyniki badań eksperymentalnych zamieszczone w rozdziale piątym prezentują wyniki badań wstępnych którym celem było ustalenie parametrów technologicznych procesu przygotowania kompozycji klejowych (rodzaju mieszadła, prędkości mieszania), dobór kompozycji klejowej do przygotowania połączeń klejowych (badania wytrzymałości na rozciąganie kompozycji klejowych) oraz określenie sposobu przygotowania blach ze stopu aluminium do procesu klejenia (ustalenie parametrów obróbki strumieniowo ścierniej ścierniwem Garnet 80). Badania wstępne pozwoliły określić warianty modyfikacji kompozycji klejowych napełniaczami wykorzystane w badaniach zasadniczy. Celem badań zasadniczych było określenie wpływu modyfikacji napełniaczami kompozycji klejowych na ich właściwości mechaniczne (udarność, wytrzymałość na rozciąganie, wytrzymałość na ścislenie, wytrzymałość na zginanie, twardość) oraz właściwości cieplne. W badaniach mikroskopowych udokumentowano strukturę uzyskanych kompozytów oraz wady w nich występujące. Eksperyment kończą badania wytrzymałości na ścinanie jednozakładkowych połączeń blach ze stopu aluminium EN AW 2024 T3 sklejonych kompozycjami klejowymi modyfikowanymi napełniaczami. Badania zasadnicze podsumowuje analiza korelacji

między właściwościami mechanicznymi kompozycji klejowych a wytrzymałością na ścinanie połączeń klejowych. Rozprawę zamyka 8 wniosków końcowych i podsumowanie.

3. Ocena rozprawy

Recenzowana rozprawa doktorska posiada strukturę typową dla prac doświadczalnych złożoną z analizy literatury, celu i zakresu pracy, metodyki badań, wyników badań, ich analizy oraz wniosków. Przyjęty tytuł rozprawy doktorskiej odzwierciedla w pełni problematykę pracy. Uważam, że rozdział 5.4. *Pozostałe założenia – liczba powtórzeń* powinien być włączony do metodyki badań a nie zamykać wyniki badań wstępnych. Ponadto rozdział 5.6.3 *Badania właściwości fizycznych* powinien nosić tytuł badania właściwości cieplnych.

Oceniana praca doktorska stanowi przykład naukowego rozwiązywania problemu dotyczącego badania wpływu modyfikacji napełniaczami kompozycji klejowych na ich właściwości mechaniczne i cieplne oraz właściwości użytkowe połączeń klejowych. Jej celem było określenie sposobu i parametrów technologicznych mieszania kompozycji klejowych z napełniaczami, ustalenie sposobu przygotowania powierzchni blach ze stopu aluminium do klejenia, wyznaczenie wpływu modyfikowania kompozycji klejowych na ich właściwości wytrzymałościowe, ciepłe oraz strukturę, jak również wyznaczenie korelacji między właściwościami wytrzymałościowymi i cieplnymi kompozycji klejowych a wytrzymałością na ścinanie jednoczęściowych połączeń klejowych blach ze stopu aluminium. Przedstawione w pracy wyniki badań pogłębiają wiedzę z zakresu technologii klejenia oraz modyfikowania kompozycji klejowych napełniaczami organicznymi i nieorganicznymi. Określone w rozprawie parametry technologiczne mieszania kompozycji klejowych z napełniaczami oraz udziały procentowe ilości napełniaczy w kompozycji mogą być praktycznie wykorzystane przy wdrażaniu technologii klejenia kompozycjami modyfikowanymi napełniaczami w warunkach przemysłowych.

Mocną stroną rozprawy doktorskiej jest część eksperymentalna, ujawniająca umiejętności Doktorantki w zakresie planowania eksperymentu, prowadzenia badań i pomiarów, opracowania wyników badań oraz ich statystycznej analizy. Zastosowany w rozprawie test post-hoc grup jednorodnych nie pozwala precyzyjnie i jednoznacznie ocenić wpływ zastosowanych modyfikacji i parametrów technologicznych na właściwości kompozycji i połączeń klejowych. Moim zdaniem analiza wariancji ANOVA umożliwiłaby ocenić wpływ czynników zmiennych na właściwości badanych kompozycji i połączeń klejowych. Pozwoliłoby to na wyciągnięcie bardziej precyzyjnych wniosków dotyczących wpływu modyfikowania napełniaczami kompozycji klejowych.

W pracy doktorskiej występuje kilka nieścisłości oraz nieprecyzyjnych sformułowań:

- Autorka rozprawy podała, że w procesie przygotowania powierzchni do klejenia stosowała piasek Garnet o granulacji mesh 80. Garnet 80 występuje w czterech odmianach (80 J80A, 80 PINK, 80 E+, 80 SUPER) różniących się udziałem procentowym ziaren o granulacji mesh 50÷120 (0,3÷0,125 mm). Którą z odmian wykorzystano w badaniach?
- Badania wpływu parametrów nastawnych procesu piaskowania na wytrzymałość na ścinanie połączeń klejowych przeprowadzono według planu Hartleya PS/DS.-P:Ha3 a uzyskane wyniki poddano analizie stosując test post-hoc grup jednorodnych. Plan

Hartleya stosujemy w celu wyznaczenia funkcji regresji w postaci wielomianu drugiego stopnia umożliwiającego analizę matematyczną i badania modelowe. Dlaczego w rozprawie nie wyznaczono funkcji regresji i nie wykorzystano jej do wyznaczenia optymalnych parametrów piaskowania?

- Dobór parametrów technologicznych procesu mieszania kompozycji klejowej z napelniającami Autorka rozprawy przeprowadziła dla kompozycji E57/Z-1. Na jakiej podstawie Autorka przyjęła, że wyznaczone parametry mieszania będą również najkorzystniejsze dla kompozycji E5/PAC stosowanej w badaniach zasadniczych?
- Dlaczego w analizie korelacji pomiędzy właściwościami mechanicznymi kompozycji klejowej a wytrzymałością połączeń klejowych pominięto udarność i twardość kompozycji klejowej?
- Według Autorki *„Celem pracy było również określenie korelacji pomiędzy właściwościami mechanicznymi i cieplnymi zmodyfikowanych kompozycji klejowych w stanie utwardzonym a wytrzymałością połączeń klejowych wykonanych tymi kompozycjami.”* Wyniki badań właściwości cieplnych zostały przedstawione w postaci graficznej na wykresach DSC. Brak wyników badań właściwości cieplnych wyrażonych w sposób ilościowy uniemożliwił wyznaczenie korelacji. Czy z wykresów DSC można pozyskać informacje o właściwościach cieplnych wyrażonych w postaci liczbowej, które można byłoby poddać analizie korelacji?

4. Podsumowanie i wniosek końcowy

Podsumowując pragnę wyrazić opinię, że praca doktorska mgr inż. Izabeli Miturskiej pt. „Badania wpływu modyfikacji kompozycji epoksydowych napelniającami na wybrane właściwości połączeń klejowych” stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego z zakresu technologii klejenia oraz spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Doktorantka wykazała się wiedzą teoretyczną i praktyczną z zakresu inżynierii mechanicznej, umiejętnością identyfikowania problemów naukowych i samodzielnego ich rozwiązywania z zastosowaniem różnych metod badawczych. Rozprawa jest opracowaniem wartościowym zawierającym oryginalne podejście do przedmiotu badań. Przedstawione w recenzji uwagi krytyczne nie obniżają jej oceny i powinny przyczynić się do doskonalenia warsztatu naukowego Doktorantki.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Izabeli Miturskiej spełnia wymagania ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003 Nr 65, poz. 595, z późniejszymi zmianami) i może być dopuszczona do publicznej obrony.

Selecki WT
18.02.2021