

RECENZJA

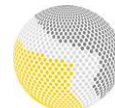
dotycząca rozprawy pt.

**„Evaluation of selected properties of welded joints in PVC profiles
for civil engineering applications”**

(„Ocena wybranych właściwości zgrzein profili PVC stosowanych w inżynierii lądowej”)

Autor rozprawy	Marek Kozielczyk
Promotor	dr hab. inż. Marta Paczkowska, prof. PP
Promotor pomocniczy	dr hab. inż. Jakub Kowalczyk
Jednostka prowadząca postępowanie	Politechnika Poznańska Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu
Recenzent	dr inż. Elżbieta Stanaszek-Tomał, prof. PK

Kraków, 24 sierpnia 2026 r.



1. Podstawa i zakres opracowania recenzji

Niniejszą recenzję sporządzono na podstawie przekazanego egzemplarza rozprawy doktorskiej w języku angielskim. Oceny dokonano w odniesieniu do kryteriów określonych w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. W recenzji oceniono w szczególności: zasadność wyboru tematu, rozpoznanie stanu wiedzy, sposób sformułowania problemu naukowego i hipotezy, adekwatność programu badawczego, poprawność metodologiczną, sposób analizy i interpretacji wyników, oryginalność osiągnięcia, znaczenie aplikacyjne oraz stronę redakcyjną rozprawy.

Niniejszy dokument został ułożony w taki sposób, aby w pierwszej części przedstawić syntetycznie podstawowe informacje o rozprawie, jej programie badawczym, wynikach i osiągnięciu naukowym, natomiast uwagi krytyczne i kwestie wymagające wyjaśnienia zostały zebrane w odrębnej części dalszej. Ocenie poddano przede wszystkim sposób wykorzystania literatury w argumentacji naukowej.

2. Charakterystyka formalna i struktura rozprawy

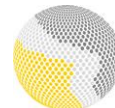
Rozprawa liczy 199 stron i ma strukturę monografii doktorskiej. Obejmuje streszczenia w językach angielskim, polskim i francuskim, wykaz skrótów, pięć rozdziałów zasadniczych oraz bibliografię. Część wprowadzająca i przeglądowa obejmuje strony 13–56, sformułowanie problemu badawczego, hipotezy, celów i zadań – strony 57–62, zasadnicza część eksperymentalna – strony 63–181, a podsumowanie i wnioski – strony 182–187. Bibliografia znajduje się na stronach 188–199. Pozostałe dane techniczne przedstawiono w Tabeli 1

Objętość rozprawy	199 stron
Liczba rozdziałów głównych	5
Rysunki / figury	147
Tabele	50
Numerowane równania	9
Pozycje bibliograficzne	202
Źródła anglojęzyczne	146 (ok. 72,3%)
Źródła polskojęzyczne	48 (ok. 23,8%)
Źródła w innych językach	8 (ok. 4,0%)

Materiał ilustracyjny obejmuje schematy, fotografie, wykresy, termogramy i widma spektroskopowe. Bibliografia liczy 202 pozycje; dominują źródła anglojęzyczne, przy jednoczesnym wykorzystaniu literatury polskojęzycznej oraz pojedynczych źródeł w innych językach. Na tym etapie recenzji dane te traktowane są wyłącznie jako charakterystyka formalna. Ocena proporcji materiału, jego zakresu i sposobu prezentacji przedstawiono w dalszej części.

3. Przedmiot rozprawy i znaczenie podjętej problematyki

Przedmiotem rozprawy jest ocena wpływu warunków zgrzewania na strukturę i właściwości strefy połączenia w hybrydowych profilach okiennych z nieplastyfikowanego poli(chlorku winylu) (PVC-U), wzmacnianych wkładką kompozytową z włóknem szklanym. Zagadnienie ma bezpośredni związek z budownictwem, ponieważ profile okienne stanowią element obudowy budynku, a jakość



zgrzewanych naroży wpływa na niezawodność konstrukcyjną, stabilność wymiarową i trwałość użytkową wyrobu.

Znaczenie problemu wynika z zastępowania tradycyjnych wzmocnień stalowych rozwiązaniami kompozytowymi. Zmniejszenie udziału stali może ograniczać mostki cieplne i masę profilu, lecz wprowadza do naroża dwa materiały o wyraźnie odmiennym zachowaniu termomechanicznym. Podczas zgrzewania PVC-U ulega uplastycznieniu, natomiast kompozyt z włóknem szklanym zachowuje znacznie większą sztywność i mniejszą odkształcalność. W efekcie jakość połączenia zależy nie tylko od doprowadzonego ciepła, ale także od przygotowania wkładki, kinematyki głowic, przepływu uplastycznionego PVC-U i geometrii strefy zgrzeiny.

Za trafne należy uznać przyjęcie wielokryterialnej oceny jakości połączenia. W rozprawie wykazano, że wysoka wartość obciążenia niszczącego nie musi oznaczać pełnej poprawności technologicznej: równocześnie mogą występować odchyłki wymiarowe, asymetria lub nieciągłość wypływu, przeciążenia układu wykonawczego bądź przebarwienia wskazujące na nadmierne oddziaływanie cieplne.

4. Rozpoznanie stanu wiedzy i baza literaturowa

Część teoretyczna obejmuje zagadnienia systemów okiennych stosowanych w budownictwie, materiałów polimerowych, właściwości i przetwórstwa PVC, kompozytów wzmacnianych włóknem szklanym oraz technologii łączenia profili. Autor przedstawia zarówno kontekst budowlany, jak i materiałowo-technologiczny, a następnie zawęża rozważania do problemu zgrzewania profilu PVC-U z wkładką kompozytową.

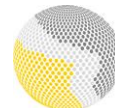
Bibliografia ma w zdecydowanej większości charakter międzynarodowy i obejmuje publikacje naukowe, monografie, normy, dokumenty techniczne, patenty oraz materiały producentów. Dobór źródeł pozwolił na osadzenie problemu badawczego zarówno w kontekście aktualnej wiedzy naukowej, jak i przemysłowej praktyki wytwarzania profili okiennych.

Za istotny rezultat części literaturowej należy uznać wskazanie potrzeby połączenia oceny mechanicznej naroża z kontrolą geometrii, morfologii zgrzeiny i stanu materiałowego strefy połączenia. Tak zdefiniowana luka badawcza pozostaje spójna z późniejszym programem eksperymentalnym.

5. Problem naukowy, hipoteza, cele i zakres badań

Problem naukowy sprowadza się do ustalenia zależności między parametrami przygotowania i zgrzewania hybrydowego profilu a jakością zgrzewanego naroża, rozpatrywaną jednocześnie w aspekcie mechanicznym, geometrycznym i materiałowym. Analizowano w szczególności głębokość frezowania wkładki kompozytowej, prędkość posuwu głowic, temperaturę zgrzewania i czas uplastyczniania.

Głównym celem pracy było określenie wpływu warunków technologicznych na strukturę strefy zgrzeiny oraz wyznaczenie stabilnego okna procesowego zapewniającego powtarzalną jakość połączenia bez oznak niepożądanych zmian materiałowych. Hipoteza zakłada możliwość doboru parametrów procesu w taki sposób, aby uzyskać wymagane właściwości mechaniczne, geometryczne i materiałowe, przy jednoczesnym skróceniu czasu cyklu.



Cele szczegółowe i zadania badawcze obejmowały charakterystykę materiałów składowych, rozpoznanie zachowania profilu podczas zgrzewania, etapową optymalizację parametrów oraz końcową weryfikację stanu strefy zgrzeiny za pomocą niezależnych metod badawczych. Układ celów jest zasadniczo spójny z konstrukcją rozprawy i przyjętym programem eksperymentalnym.

6. Program badań i zastosowane metody

Program eksperymentalny został podzielony na trzy główne etapy. W pierwszym scharakteryzowano materiały składowe profilu i określono podstawowe różnice ich zachowania mechanicznego i cieplnego. W drugim przeprowadzono badania technologiczne służące doborowi parametrów zgrzewania i identyfikacji granic stabilności procesu. W trzecim etapie wykonano badania potwierdzające stanu strefy zgrzeiny.

Badania prowadzono na czterogłowicowej zgrzewarce w warunkach zbliżonych do przemysłowych. Jakość połączeń oceniano przez pomiary obciążenia niszczącego naroży, kontrolę wymiarów i symetrii, ocenę ciągłości i barwy wypływkę oraz rejestrację zdarzeń przeciążeniowych maszyny. W części materiałowej zastosowano między innymi badania mechaniczne i cieplne materiałów składowych, pomiary twardości, obserwacje stereomikroskopowe, DSC oraz FTIR-ATR.

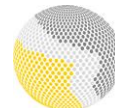
Mocną stroną programu badawczego jest rozpatrywanie warunków granicznych procesu w obu kierunkach: zarówno przy zbyt małym dopływie ciepła i niedostatecznym uplastycznieniu, jak i przy intensyfikacji procesu przez skracanie czasu kompensowane wzrostem temperatury. Takie podejście umożliwiło określenie nie tylko korzystnych ustawień, ale również technologicznych przyczyn odrzucenia wybranych wariantów.

7. Najważniejsze wyniki, osiągnięcie naukowe i znaczenie aplikacyjne

Najważniejszym rezultatem rozprawy jest wyznaczenie dla badanego systemu profili warunków procesu obejmujących temperaturę zgrzewania 264°C, czas uplastyczniania 22 s, prędkość posuwu głowicy 0,25 mm/s oraz głębokość frezowania wkładki kompozytowej 1,0 mm. Przeprowadzone badania wykazały jednocześnie, że ocena jakości połączenia nie może opierać się wyłącznie na wartości obciążenia niszczącego, lecz powinna uwzględniać również stabilność wymiarową, jakość i morfologię zgrzeiny oraz stan materiału w jej obszarze.

Badania potwierdzające, obejmujące pomiary twardości, obserwacje mikroskopowe, DSC oraz FTIR-ATR, wskazały, że skrócenie czasu procesu z 30 s do 22 s przy temperaturze 264°C nie powodowało, w granicach czułości zastosowanych metod, niekorzystnych zmian materiałowych w stosunku do wariantu odniesienia. Jednocześnie wykazano istnienie granic dalszej intensyfikacji procesu, po przekroczeniu których pojawiały się zaburzenia jego stabilności oraz oznaki niekorzystnego oddziaływania cieplnego.

Za istotny wkład naukowy rozprawy uznają powiązanie optymalizacji technologicznych parametrów zgrzewania z wielokryterialną oceną jakości połączenia. Wartość pracy polega zatem nie tylko na określeniu wpływu parametrów procesu na nośność zgrzewanych naroży, ale przede wszystkim na wykazaniu konieczności łącznego uwzględnienia kryteriów mechanicznych, geometrycznych, morfologicznych i materiałowych. Uzyskane wyniki mają również znaczenie aplikacyjne dla badanego systemu profili i analizowanej technologii produkcyjnej.



8. Ocena ogólna przed przedstawieniem uwag krytycznych

W ujęciu całościowym rozprawę oceniam pozytywnie. Autor przeprowadził rozbudowany program eksperymentalny, pracował na rzeczywistym układzie technologicznym i uzyskał wyniki pozwalające na sformułowanie praktycznych zaleceń dotyczących parametrów zgrzewania badanego systemu. Na szczególne podkreślenie zasługuje odejście od jednego kryterium wytrzymałościowego na rzecz oceny wielokryterialnej oraz próba skorelowania odpowiedzi mechanicznej z wynikami badań materiałowych strefy zgrzeiny.

Poniższe uwagi krytyczne dotyczą przede wszystkim zakresu i konstrukcji rozprawy, możliwości rozdzielenia wpływu poszczególnych parametrów, kompletności opisu wybranych metod, sposobu analizy statystycznej i siły niektórych wniosków. W mojej ocenie nie przekreślają one zasadniczej wartości naukowej pracy, lecz wskazują kwestie wymagające wyjaśnienia i dyskusji podczas publicznej obrony.

9. Uwagi krytyczne i kwestie wymagające wyjaśnienia

9.1. Zakres i konstrukcja rozprawy

1. Zakres części teoretycznej jest miejscami zbyt szeroki w stosunku do zasadniczego problemu naukowego. Rozbudowane fragmenty historyczne, charakterystyka wielu rodzin systemów okiennych, zagadnienia toksykologii, recyklingu i ogólnych zastosowań PVC zajmują znaczną część przeglądu, podczas gdy krytyczna analiza literatury bezpośrednio dotyczącej zgrzewania PVC-U, przepływu materiału, reologii strefy nagrzewania, wpływu sztywnej wkładki na pole odkształceń i ilościowej diagnostyki degradacji jest relatywnie mniej rozbudowana. Powoduje to pewne zachwianie proporcji części literaturowej względem zasadniczego problemu naukowego.
2. Tytuł rozprawy jest szerszy niż rzeczywisty zakres eksperymentu. Praca dotyczy zgrzewanych naroży konkretnego systemu sześciokomorowych profili PVC-U, wzmacnianych określoną wkładką kompozytową i wykonywanych na konkretnej zgrzewarce. W konsekwencji zakres tytułu wykracza poza bezpośredni obiekt badań i rzeczywisty zakres uogólnienia uzyskanych wyników.
3. W kilku miejscach materiały producentów i opisy systemów handlowych są zestawiane z publikacjami recenzowanymi. Jest to użyteczne dla przedstawienia realiów rynkowych, jednak osłabia wyraźne rozdzielenie źródeł naukowych od materiałów branżowych. Również kategoryczne stwierdzenia o „braku badań” mają ograniczoną siłę dowodową, jeżeli nie wynikają z systematycznego przeglądu literatury prowadzonego według jawnej strategii wyszukiwania.

9.2. Plan doświadczeń i analiza statystyczna

1. Program ma charakter sekwencyjny: głębokość frezowania, prędkość posuwu, czas i temperatura były badane etapami, a kolejne serie zależały od wyników wcześniejszych. Jest to racjonalne technologicznie, ale nie jest równoważne pełnemu planowi czynnikowemu. W efekcie wpływy główne i interakcje czterech parametrów nie są całkowicie rozdzielone, co ogranicza siłę wnioskowania przyczynowego.
2. Rozprawa podaje 95-procentowe przedziały ufności, natomiast nie przedstawia konsekwentnie pełnego zestawu testów statystycznych, wartości p, miar wielkości efektu, oceny założeń ani analizy mocy. Jeżeli intencją było wykazanie, że wariant 264°C/22 s nie jest gorszy od 264°C/30 s,

zastosowana analiza nie stanowi formalnego testu niegorszości lub równoważności, ponieważ nie określono wcześniej marginesu technologicznego pozwalającego na taką ocenę.

3. W analizie statystycznej nie uwzględniono w pełni hierarchicznej struktury danych. Naroża powstawały na czterech głowicach tej samej maszyny, a w badaniach twardości wykonywano wiele pomiarów na tych samych próbkach. Punkty pomiarowe w obrębie jednej próbki nie są całkowicie niezależnymi replikami, co ogranicza interpretację części porównań statystycznych i powinno zostać wyjaśnione podczas obrony.
4. Modele wielomianowe zależności obciążenia niszczącego od temperatury i czasu mają wysokie współczynniki dopasowania, jednak bazują na ograniczonej liczbie zagregowanych średnich. Wyznaczone przez ekstrapolację wartości około 226,7°C i 15,4 s znajdują się poza bezpośrednio badanym zakresem i powinny być traktowane jako orientacyjne, a nie jako fizyczne granice procesu.

9.3. Metody badawcze i porównywalność wariantów

1. Metodyka pomiaru twardości nie została opisana w sposób umożliwiający jej pełną ocenę. W pracy powołano PN-EN ISO 18265:2014-02 jako podstawę badania Rockwella dla PVC, kompozytu i zgrzein, a wyniki podano w N/mm². Brakuje jednoznacznych informacji dotyczących zastosowanej skali, wgłębnika, obciążenia wstępnego i całkowitego, czasu obciążenia, grubości próbki i sposobu podparcia, a także wyjaśnienia podstawy normatywnej procedury zastosowanej do tworzyw sztucznych. Kwestia ta wymaga wyjaśnienia podczas publicznej obrony.
2. Opis oznaczania temperatury mięknięcia Vicata nie zawiera wszystkich parametrów procedury potrzebnych do jej jednoznacznego odtworzenia. Brakuje pełnych informacji o obciążeniu, geometrii penetratora, kryterium penetracji, szybkości nagrzewania i liczbie powtórzeń, co utrudnia ocenę zgodności zastosowanej procedury z ISO 306. Podobna wartość temperatury Vicata PVC-U i kompozytu nie może być traktowana jako bezpośredni dowód podobieństwa składu chemicznego.
3. W badaniach mechanicznych kompozytu nie określono w pełni orientacji włókien, geometrii i sposobu mocowania próbek ani podstawy doboru części normy odnoszącej się do kompozytów włókniстых. Zawartość około 52% oznaczona po prażeniu stanowi wynik dotyczący pozostałości nieorganicznej; utożsamienie całej tej pozostałości z włóknem szklanym wymagałoby niezależnego potwierdzenia jej składu.
4. W opisie badania HDT nie wskazano jednoznacznie części normy ISO 75, zastosowanej metody, naprężenia zginającego ani orientacji próbki. W przypadku DSC liczebności serii są nierówne, a małe i lokalne efekty należy interpretować z uwzględnieniem niepewności pomiaru i niejednorodności strefy zgrzeiny.
5. W tabeli wariantów badań potwierdzających wariant 264°C/22 s występuje przy głębokości frezowania 1,0 mm, a wariant 264°C/30 s przy głębokości 0 mm. Jeżeli były to faktyczne warunki porównania, zestawienie to nie izoluje wpływu samego czasu uplastyczniania, ponieważ równocześnie zmienia się głębokość frezowania. Wyniki takiego porównania należy zatem traktować jako odnoszące się do całych wariantów technologicznych, a nie wyłącznie do wpływu czasu.

9.4. Interpretacja, synteza i sposób prezentacji wyników

1. Zestawienie twardości, stereomikroskopii, DSC i FTIR-ATR jest wartościowe, ale metody te mają różną zdolność do wykrywania wczesnej degradacji. Obserwacje przy powiększeniach 7–45× dokumentują przede wszystkim morfologię i przebarwienia, a jakościowe FTIR-ATR nie stanowi

rozstrzygającego dowodu całkowitej stabilności chemicznej. Najbardziej adekwatne jest sformułowanie, że nie stwierdzono zmian wykrywalnych zastosowanymi metodami.

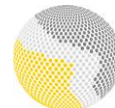
2. Ocena degradacji opiera się przede wszystkim na wynikach jakościowych. Brak ilościowych wskaźników, takich jak indeks karbonylowy lub polienowy, analiza wydzielania HCl, TGA, UV-Vis czy obiektywny pomiar barwy, ogranicza możliwość rozdzielenia zmian chemicznych od efektów chropowatości, kontaktu próbki w ATR i lokalnej niejednorodności materiału.
3. Rozprawa zawiera 147 rysunków i 50 tabel. Taka liczba świadczy o bardzo obszernej dokumentacji, lecz duża część wyników jest prezentowana w szeregu podobnych wykresów i fotografii. W obecnym układzie powoduje to rozproszenie materiału i utrudnia szybkie uchwycenie najważniejszych zależności oraz porównanie kolejnych wariantów procesu.
4. Pozytywnie należy ocenić Fig. 4.136, który przedstawia syntetyczną mapę zweryfikowanych i odrzuconych wariantów w układzie temperatura–czas. W rozprawie nie zamieszczono jednak końcowego zestawienia integrującego w jednym miejscu parametry procesu, obciążenie niszczące, zgodność wymiarową, symetrię i morfologię zgrzeiny, twardość, mikroskopię, DSC i FTIR-ATR oraz klasyfikację wariantu jako akceptowalnego, granicznego lub nieakceptowalnego. Brak takiego zestawienia utrudnia syntetyczną ocenę bardzo licznych wyników cząstkowych.

9.5. Ograniczenia aplikacyjne i zakres uogólnienia wyników

1. Skrócenie czasu uplastyczniania i cyklu może zwiększać potencjalną wydajność produkcyjną, jednak nie jest równoznaczne z bezpośrednio wykazanym zmniejszeniem zużycia energii. Efekt energetyczny nie został zweryfikowany przez pomiar energii elektrycznej pobieranej przez zgrzewarkę w poszczególnych wariantach, dlatego wniosek w tym zakresie ma charakter pośredni.
2. Program nie obejmuje trwałości długoterminowej połączeń: starzenia cieplnego, cykli temperatura–wilgotność, UV, obciążeń zmęczeniowych, pęcznienia, szczelności ani zachowania całego okna po starzeniu. Ogranicza to możliwość przenoszenia wyników bezpośrednio na wieloletnią eksploatację.
3. Wyznaczone parametry opisują okno technologiczne dla badanego układu materiał–profil–wkładka–maszyna. Rozprawa nie dostarcza podstaw do bezpośredniego przeniesienia tych parametrów na inne receptury PVC-U, geometrie profilu, systemy wzmocnień lub inne zgrzewarki bez odrębnej walidacji warunków procesu.
4. Wskazane wyżej zagadnienia, w szczególności dotyczące metodyki pomiaru twardości i temperatury Vicata, analizy statystycznej, porównywalności wariantów referencyjnych oraz zakresu wnioskowania o degradacji i zużyciu energii, powinny stanowić przedmiot wyjaśnień i dyskusji podczas publicznej obrony. Uwagi te nie podważają jednak zasadniczej wartości naukowej rozprawy.

10. Uwagi redakcyjne i terminologiczne

1. W rozprawie nie zamieszczono wykazu rysunków i tabel. Przy 147 rysunkach i 50 tabelach jego brak utrudnia nawigację po rozbudowanym materiale ilustracyjnym i tabelarycznym.
2. W pracy występuje pojedyncza niekonsekwencja w numeracji rysunków – podpis „Fig. 107” zamiast „Fig. 4.107”, podczas gdy pozostałe rysunki w rozdziale 4 są numerowane według schematu 4.xxx. Uchybienie to ma charakter wyłącznie redakcyjny.
3. Termin „microstructure” jest miejscami używany w znaczeniu szerszym niż wynika to z charakteru obserwacji stereomikroskopowych prowadzonych przy powiększeniach 7–45×. Wyniki tych



obserwacji odnoszą się przede wszystkim do morfologii strefy zgrzeiny i obrazu przekroju, a nie do mikrostruktury rozumianej w sensie badań mikroskopowych o wyższej rozdzielczości.

4. W rozprawie miejscami zastosowano kategorię sformułowania, takie jak „confirmed chemical stability”, „no degradation” czy „depolymerisation”, których zakres interpretacyjny jest szerszy niż bezpośrednia zdolność rozdzielcza zastosowanych metod. Uzyskane dane pozwalają przede wszystkim stwierdzić brak zmian wykrywalnych daną metodą lub obecność cech zgodnych z nadmiernym oddziaływaniem cieplnym, nie stanowią natomiast jednoznacznego potwierdzenia określonego mechanizmu degradacji.
5. W opisie procesu nie zawsze jednoznacznie rozróżniono temperaturę płyty grzejnej, rzeczywistą temperaturę powierzchni profilu oraz temperaturę materiału wewnątrz strefy zgrzeiny. Wielkości te są ze sobą związane, lecz nie są tożsame. Brak konsekwentnego rozróżnienia ogranicza precyzję interpretacji zależności między temperaturą procesu a zmianami zachodzącymi w materiale.
6. Język angielski rozprawy jest na ogół komunikatywny i odpowiada stylowi naukowo-technicznemu. W tekście występują jednak pojedyncze nieścisłości terminologiczne i sformułowania o zbyt kategoriowym charakterze, zwłaszcza w odniesieniu do przyczynowości, degradacji materiału oraz określania wybranych parametrów jako „optymalnych”. Nie wpływa to jednak zasadniczo na zrozumiałość pracy.

Wskazane uwagi mają charakter redakcyjny i nie wpływają na ocenę merytoryczną rozprawy ani na wartość uzyskanych wyników.

11. Ocena spełnienia wymagań stawianych rozprawie doktorskiej

11.1. Ogólna wiedza teoretyczna

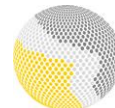
Rozprawa potwierdza ogólną wiedzę autora w zakresie systemów okiennych, właściwości i przetwórstwa PVC-U, kompozytów wzmacnianych włóknem szklanym, technologii zgrzewania oraz metod mechanicznej, termicznej i spektroskopowej charakterystyki materiałów. Mimo zastrzeżeń dotyczących proporcji części literaturowej, zakres rozpoznania problematyki jest wystarczający dla poziomu rozprawy doktorskiej.

11.2. Umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Doktorant zaplanował i przeprowadził rozbudowany, wieloetapowy program eksperymentalny, zidentyfikował warunki graniczne procesu i połączył dane mechaniczne, geometryczne, termiczne i spektroskopowe. Wykorzystanie rzeczywistej maszyny przemysłowej oraz wielokryterialna ocena naroży świadczą o znacznym nakładzie pracy i kompetencji badawczej. Wskazane zastrzeżenia dotyczą przede wszystkim pełności opisu niektórych metod, konstrukcji analizy statystycznej i zakresu uogólnienia wyników.

11.3. Oryginalne rozwiązanie problemu naukowego

Rozprawa przedstawia oryginalne rozwiązanie problemu naukowo-technicznego polegające na wielokryterialnym wyznaczeniu stabilnego wariantu zgrzewania naroży konkretnego hybrydowego systemu PVC-U/kompozyt. Oryginalność wynika z integracji nośności, geometrii, jakości wypływu, stabilności procesu i badań materiałowych strefy zgrzeiny, a także z wykazania ograniczeń oceny opartej wyłącznie na sile niszczącej.



11.4. Stopień potwierdzenia hipotezy

Uzyskane wyniki zasadniczo wspierają przyjętą hipotezę w zakresie możliwości doboru parametrów procesu zapewniających wymagane właściwości mechaniczne i geometryczne połączeń przy jednoczesnym skróceniu czasu cyklu. Wyniki badań materiałowych nie wykazały niekorzystnych zmian w granicach czułości zastosowanych metod. Jednocześnie część założeń dotyczących efektu energetycznego nie została zweryfikowana w sposób bezpośredni, ponieważ nie prowadzono pomiarów rzeczywistego zużycia energii. Również wnioski odnoszące się do degradacji materiału należy interpretować w zakresie odpowiadającym możliwościom zastosowanych metod badawczych. Ograniczenia te zawężają zakres interpretacji hipotezy, lecz nie podważają zasadniczych wyników rozprawy ani osiągniętego celu badawczego.

12. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska pt. „*Evaluation of selected properties of welded joints in PVC profiles for civil engineering applications*” podejmuje istotny problem badawczy z pogranicza inżynierii materiałów polimerowych, technologii łączenia oraz inżynierii lądowej. Jej wartość wynika przede wszystkim z przeprowadzenia rozbudowanego programu badań w warunkach zbliżonych do przemysłowych oraz z wielokryterialnej oceny jakości zgrzewanych połączeń profili PVC-U wzmacnianych wkładką kompozytową. Przeprowadzone badania wykazały, że ocena jakości połączenia nie powinna ograniczać się wyłącznie do jego nośności, lecz wymaga również uwzględnienia stabilności wymiarowej, jakości zgrzeiny, przebiegu procesu oraz stanu materiału w obszarze połączenia.

Praca zawiera oryginalne wyniki badań i prowadzi do sformułowania mających znaczenie praktyczne warunków prowadzenia procesu zgrzewania dla badanego systemu profili. Za istotne osiągnięcie rozprawy uznaję powiązanie parametrów technologicznych zgrzewania z wynikami badań mechanicznych, geometrycznych i materiałowych oraz wykazanie, że kryterium wytrzymałościowe nie jest wystarczające do pełnej kwalifikacji badanego połączenia. Przedstawione w recenzji uwagi krytyczne wskazują na ograniczenia zastosowanej metodyki oraz zakresu interpretacji i uogólnienia części wyników, nie podważają jednak zasadniczej wartości naukowej ani aplikacyjnej rozprawy.

W mojej ocenie rozprawa spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 187 ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Praca prezentuje odpowiedni poziom ogólnej wiedzy teoretycznej autora w dyscyplinie, potwierdza jego umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz zawiera oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

W związku z powyższym stwierdzam, że tematyka i zakres rozprawy są zgodne z dyscypliną inżynieria lądowa, geodezja i transport, i wnoszę o dopuszczenie autora rozprawy do publicznej obrony.

Kraków, 24.08.2026 r.

Podpis