

Prof. K. Kurzydłowski
Wydział Mechaniczny
Politechnika Białostocka

**Recenzja wniosku w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna
Panu Pawłowi KUSTRONIOWI**

Podstawa formalna

Niniejszą recenzję przygotowano na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Wrocławskiej Pana Profesora Z. Gronostajskiego o sygnaturze W10/RND07/34/2023. W związku z uzasadnieniem wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna podanym przez Dr. Pawła KUSTRONIA, w recenzji skupiono uwagę na ocenie monografii jego autorstwa zatytułowanej **Zgrzewanie hybrydowe warstwowych kompozytów metalowo-polimerowych**. Monografia ta została wskazana w Autoreferacie (strona 4) jako osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę do wszczęcia postępowania habilitacyjnego. Należy przy tym zwrócić uwagę, że Habilitant odwołał się jednocześnie do art. 16 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym. Tymczasem, w chwili złożenia wniosku obowiązywała Ustawa z 2018 roku. W tej sytuacji, opracowując niniejszą opinię wziąłem pod uwagę następujące wymagania obowiązujące w zakresie nadawania stopnia doktora habilitowanego:

- Kandydat posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej:
 - 1 monografię naukową wydaną przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. a, lub
 - 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b, lub
 - 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne;
- Kandydat wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

W odniesieniu do warunku wniesienia wkładu w rozwój dyscypliny podkreśliłem zdanie dotyczące wymagań odnośnie do przypadku przedstawienia monografii jako dowodu

wniesienia znacznego wkładu w rozwój dyscypliny naukowej. Wymaganiem formalnym jest wówczas, aby monografia naukowa była wydana przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. a. Monografia przedstawiona przez Dr. P. Kustronia została wydana przez Wydawnictwo Naukowe Łukasiewicz – Instytut Technologii Eksploatacji, Radom, 2023, ISBN 978-83-7789-703-4 w 2023 roku.

Wydawnictwo Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Technologii Eksploatacji znajduje się w wykazie podanym przez Ministra w Komunikacie z 22 lipca 2021 roku. Z drugiej strony, w przedmiotowej monografii nie ma zwrotu „wydana przez”, a jedynie „współpraca wydawnicza”. Nie jestem przekonany, że oba terminy są równoważne w kontekście postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego. Być może zależy to od umowy o współpracy pomiędzy Autorem i Wydawnictwem. Niemniej uznaję te kwestie jako wtórne i do rozstrzygnięcia przez radców prawnych Politechniki Wrocławskiej prowadzącej to postępowanie.

Chciałbym jednocześnie zwrócić uwagę, że jeden z recenzentów monografii był/jest zatrudniony w tej samej jednostce/katedrze co Habilitant i ma z nim wspólne publikacje. Wspólną publikację, związaną z tematyką monografii, Dr Paweł KUSTRON ma także z drugim recenzentem zatrudnionym w Instytucie Spawalnictwa. Jakkolwiek być może nie jest sprzeczne z literą prawa, to w moim przekonaniu jednak narusza dobre obyczaje w nauce.

Ocena osiągnięcia naukowego wskazanego jako uzasadnienie nadania stopnia doktora habilitowanego

Charakterystyka ogólna monografii

Przedmiotem monografii są struktury warstwowe o akronimie MPC, opracowane z myślą o zmniejszeniu masy wytwarzanych konstrukcji, tłumieniu drgań oraz hałasu. Osiągnięcia naukowe Dr. Pawła KUSTRONIA opisane w monografii dotyczą techniki łączenia tego typu struktur.

Jeśli chodzi o stronę edytorską to należy podkreślić, że monografia Dr. P. KUSTRONIA jest wydana bardzo starannie, na świetnej jakości papierze, z bardzo dobrej jakości ilustracjami. Monografia liczy 176 stron i zawiera 134 odnośniki, w tym do stron internetowych.

Poprawność językowa

W mojej ocenie w przedstawionej monografii Autor popełnił szereg istotnych błędów językowych oraz niewłaściwego doboru terminów naukowych.

W tym kontekście zwracam uwagę, że w monografii stosowane są w sposób nieuprawniony terminy mające ściśle definicje w inżynierii materiałowej. W szczególności chodzi o terminy KOMPOZYT oraz ZGRZEWANIE.

W świetle definicji kompozytów powszechnie obowiązujących w inżynierii materiałowej przedmiotem badań Dr. Pawła KUSTRONIA są blachy warstwowe (kanapkowe), a nie kompozyty. Zgodnie z Encyklopedią PWN **kompozyt** [łac. *compositus* ‘złożony’], *materiał utworzony z co najmniej 2 komponentów (faz) o różnych właściwościach w taki sposób, że ma właściwości lepsze i/lub właściwości nowe (dodatkowe) w stosunku do komponentów wziętych osobno lub wynikających z prostego sumowania ich właściwości;* kompozyt jest materiałem zewnętrznym monolitycznym jednak z widocznymi granicami między komponentami.

Natomiast zjawiska łączenia omawiane przez Habilitanta związane są z procesami spawania, a nie zgrzewania. Zgodnie z Encyklopedią PWN **zgrzewanie**, *proces trwałego łączenia materiałów topliwych, gł. stopów metali i tworzyw sztucznych, przez podgrzanie brzegów łączonych części do stanu ciastowatego i dociśnięcie wzajemne łączonych przedmiotów w miejscu zgrzewania*

W przypadku metody łączenia stosowanej przez Habilitanta dochodzi do przetopienia materiału. Zgodnie z Encyklopedią PWN mamy wówczas do czynienia z procesem spawania, który definiowany jest jako *proces trwałego łączenia materiałów topliwych, głównie metali i stopów, przez stopienie brzegów łączonych elementów bez wywierania docisku, z dodawaniem lub bez dodawania spoiwa*. Warto zwrócić uwagę, że w języku angielskim spawanie nazywane jest WELDING i do tego terminu odnosi się wiele akronimów stosowanych w monografii zawierających literę W, na przykład USW (jak objaśnia Autor ULTRASONIC SPOT WELDING, nota bene w podrozdziale zatytułowanym *Zgrzewanie punktowe ultradźwiękowe*). Nieusystematyzowane używanie terminów ZGRZEWANIE i WELDING w mojej ocenie dowodzi, że procesy zachodzące podczas opisanych w monografii eksperymentów łączenia blach MPC nie zostały przez jej autora prawidłowo sklasyfikowane.

Dla porządku warto zacytować definicję WELDING z Wikipedii: “**Welding** is a fabrication process that joins materials, usually metals or thermoplastics, by using high heat to melt the parts together and allowing them to cool, causing fusion”.

Stosowanie niewłaściwego nazewnictwa, tym razem w zakresie ogólniejszym dla całości nauk inżyniersko-technicznych można odnaleźć także w Rozdziale 6. Podtytuł części 6.4.5 brzmi „Badania topologii powierzchni”. Chciałbym w związku z tym zachęcić Autora do sprawdzenia w literaturze różnicy w znaczeniu terminu topologia i topografia. Według mnie przedmiotowy fragment monografii dotyczy topografii.

Zgodnie z deklaracją Autora monografii jego osiągnięcia mieszczą się w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Należy jednak podkreślić, dyscyplina występuje w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w której mieści się także dyscyplina inżynierii materiałowej. Z faktu występowania wielu dyscyplin w naukach inżynieryjno-technicznych wynika konieczność zapewnienia spójności w używaniu podstawowych pojęciach stosowanych w poszczególnych dyscyplinach.

Ocena merytoryczna monografii

Przedmiotowa monografia zawiera dwa oryginalne wątki badawcze podjęte przez Dr. P. KUSTRONIA: (a) wątek modelowania procesów łączenia badanych struktur warstwowych oraz (b) eksperymenty mające na celu zebranie faktów doświadczalnych, pozwalających na sformułowanie wytycznych o charakterze aplikacyjnym. Ocenę obu tych wątków przeprowadzę w kolejnej części mojej recenzji.

A. Badania eksperymentalne

Jako najbardziej wartościowy wątek przedstawionych wyników uznaję zbudowanie stanowisk do realizacji hybrydowych procesów RSW ze wspomaganiami za pomocą bocznikowania, prądów indukcyjnych oraz fal ultradźwiękowych. Zbudowane stanowisko pozwoliło nie tylko przeprowadzić próby różnych wariantów RSW, ale także na zmierzenie szeregu parametrów mających znaczenie w kontekście interpretacji wyników badań.

Spoiny uzyskane różnymi hybrydowymi wariantami RSW były badane metodami makroskopowymi i mikroskopowymi. W badaniach tych skupiono uwagę na geometrii połączenia blach oraz defektach występujących w złączu oraz w strefie działania temperatury prowadzącej do miejscowego połączenia blach. Badania, choć dość rutynowe, pozwoliły na zidentyfikowanie wad powstałych w procesie spajania w postaci pęcherzy, pustek i wypływek. Niestety Autor nie podjął wątku zmiany struktury i właściwości łączonych blach MPC, a przede wszystkim polimeru, który z pewnością ulegał intensywnej degradacji. Z oczywistych powodów, skuteczne połączenie blach rozdzielonych warstwą polimeru wymaga usunięcia polimeru w miejscu tworzonego połączenia. Autor wydaje się sugerować, że materiał polimeru uplastycznia się i jest wypychany ze strefy dociskanych blach. Nie zmienia to faktu, że część polimeru pozostawać musi w kontakcie z blachami nagrzanymi do temperatury znacznie przekraczającej jego stabilność termiczną. W rezultacie należy się spodziewać termicznego rozkładu polimeru, które to zjawisko, i jego skutki, nie zostały w monografii omówione.

Wartościowym wątkiem w badaniach uzyskanych spoin było wykorzystanie mikroskopii ultradźwiękowej. Technika ta pozwoliła między innymi na stwierdzenie występowania w wytworzonych połączeniach „zanieczyszczeń lub wtrąceń” (cytat ze strony 148). Podobnie jak w przypadku innych terminów należy zwrócić uwagę, że „wtrącenie” w odniesieniu do stali ma ściśle zdefiniowane znaczenie. Szkoda, że Autor nie przeprowadził bardziej kompleksowych badań uzyskanych połączeń, które pozwoliłyby na identyfikację

„zanieczyszczeń i wtrąceń”, co jest możliwe z wykorzystaniem elektronowej mikroskopii skaningowej w połączeniu z analizą składu chemicznego techniką EDS. Szczególnie, że jak pisze na stronie 149 połączenia z tego typu defektami wykazują „skrajnie małe właściwości wytrzymałościowe”. Dodaje przy tym, że połączenie z takimi wadami powinno być poddane naprawie. Trudno sobie wyobrazić, jak można połączenie naprawić nie znając natury wady. W moim przekonaniu „zanieczyszczenia i wtrącenia” pojawiają się na skutek lokalnej degradacji warstewki polimeru. Jeśli tak jest w istocie ich naprawa jest praktycznie niemożliwa.

Wytrzymałość uzyskanych połączeń za pomocą hybrydowych metod RSW Autor monografii badał stosując próby ścinania i odrywania. Wyniki tych prób Autor analizował w kontekście wartości siły niszczącej, co istotnie ogranicza użyteczność uzyskanych relacji. W mechanice co do zasady odnosimy wartości sił do pola przekroju obciążanego elementu, uzyskując wartości naprężeń. W przedmiotowym przypadku zaskakujące jest, że Autor nie odniósł wartości siły do pola powierzchni spoiny, tym bardziej, że zmierzył średnicę „zgrzein” w testowanych połączeniach. Na stronie 146 monografii Autor pisze, że „średnice uzyskiwanych połączeń **oscylują** (moje wytłuszczenie¹) w przedziale od 3,9 do 4,9 mm...”. Zapewne chodzi Mu w tym zdaniu o średnie wartości średnicy, która dla spajania z udziałem ultradźwięków jest o 25% większa od średniej wartości średnicy dla spajania z bocznikowaniem. Średnie pole zgrzeiny w przypadku metody wspomaganego ultradźwiękami jest o około 50% większe od średniego pola w przypadku spoiny z bocznikowaniem. W oczywisty sposób przekłada się to na wytrzymałość połączenia i pominięcie różnic w wymiarach „zgrzeiny” maskuje różnice we właściwościach uzyskanego zespolenia blach. Notabene, najbardziej zasadnym podejściem do analizy wyników uzyskanych w badaniach wytrzymałościowych byłoby odniesienie wartości siły dla każdej z próbek do wartości powierzchni zespolenia blach.

B. Wątek modelowania

Jeśli chodzi o wątek modelowania ujęty w przedstawionej monografii to wyrażam opinię, że uzyskane wyniki obarczone są błędem, którego wielkości Autor nie sprawdził i krytycznie nie ocenił. Dowodem na to jest bezkrytyczne podejście do wyników obliczeń wskazujących na uzyskiwanie temperatury polimeru na poziomie 1220°C, cytując: „Należy zauważyć, że w tym przypadku polimer osiąga temperaturę prawie 1221°C na krawędziach łączonych elementów, w pobliżu induktora”.

Warto także podkreślić, że maksymalne wartości temperatury zaznaczone na przykład na Rysunku 5.7 z monografii przekraczają 2000°C, co jest prawie 500°C wyżej od temperatury topnienia stali. Zakładam, że wyniki takie zostały osiągnięte przy pominięciu zmian

¹ W cytacie podkreśliłem termin „oscylują” bo jest użyty niewłaściwie. Średnie wartości mieszczą się w przedziale od 3,9 do 4,9. Termin oscylacja jest stosowany w przypadku zmian cyklicznych.

struktury i właściwości polimeru i pewnie stali w funkcji temperatury stalowych blaszek i polimerowej przekładki.

Przy okazji należy zwrócić uwagę na brak precyzji w tekście monografii w zakresie opisanie rozważanych płyt nazywanych skrótowo MPC. Użycie terminu „polimer” bez podania rodzaju polimeru i doprecyzowania właściwości jakie zostały przyjęte w modelowaniu jest zbyt dużym skrótem myślowym. Polimery różnią się bowiem istotnie właściwościami fizycznymi i mechanicznymi. Różnią się w szczególności przewodnictwem cieplnym, co może jest mniej istotne w kontekście zainteresowań Autora monografii, ale także temperaturą degradacji.

Załączam zestawienie tabelaryczne temperatur, w których zaczyna zachodzić degradacja polimerów powszechnie stosowanych w technice:

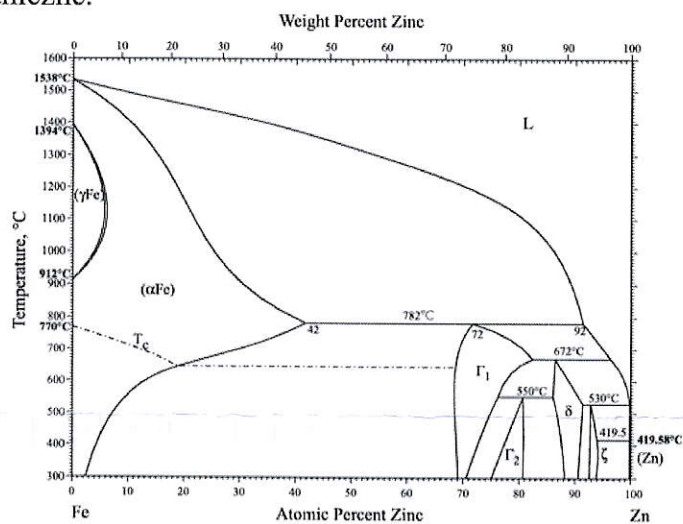
Table 1. Comparison Of Onset Of Decomposition Temperatures Of Various Polymers²⁰

Polymer	Decomposition Onset Temperature (°C)
Polyethylene (PE)	335
Polypropylene (PP)	328
Polyvinyl chloride (PVC)	200
Polystyrene (PS)	285
Polymethyl methacrylate (PMMA)	170
Polyethylene terephthalate (PET)	283
Polycarbonate (PC)	420
Polytetrafluoroethylene (PTFE)	508
Polyetheretherketone (PEEK)	575

Załączone dane, pochodzące z Hilado, C., J., (1998), *Flammability Handbook For Plastics*. Fifth Edition. Chapter 2. Technomic Publishing Company Inc, Pennsylvania, USA wskazują, że zależnie od rodzaju polimeru, jego dekompozycja zaczyna się już od 170°C. W przypadku PEEK, polimeru o szczególnie dużej odporności termicznej, degradacja zaczyna się od temperatury 575°C. Tak, czy inaczej, począwszy od momentu osiągnięcia temperatury degradacji, właściwości fizyczne polimeru ulegają zmianie w funkcji czasu i temperatury. Jeśli w modelowaniu efekt ten zostanie pominięty, uzyskane wyniki są

obarczone istotnym błędem, którego wielkość Autor w monografii nie oszacował. Podważa to wiarygodność wyników uzyskanych w modelowaniu.

Warto zwrócić uwagę, że w modelowaniu pominięto całkowicie potencjalny efekt powłoki cynkowej, której skutki obecności są omawiane w kilku miejscach pracy. Z układu równowagi fazowej Zn-Fe wynika, że roztwór stały Zn w żelazie ma temperaturę topnienia powyżej 1500°C. Obecność Zn w stali, na skutek przetopienia warstwy cynku na powierzchni łączonych blach, może w istotny sposób wpłynąć na jej strukturę i właściwości mechaniczne.



Układ równowagi Fe-Zn według H. Okamoto, Journal of Phase Equilibria and Diffusion, 2007. Ponieważ powłoka cynkowa przy łączeniu blach i tak ulega degradacji, zasadne jest jej usunięcie w miejscu tworzenia połączenia.

Ocena wyprowadzonych wniosków

Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz Kandydat do stopnia doktora habilitowanego sformułował szereg wniosków, które podzielił na poznawcze i użytkowe. W mojej ocenie większość tych wniosków jest mało oryginalna, zwłaszcza w odniesieniu do RSW wspomaganego bocznikowaniem i prądami wirowymi.

Przy ocenie wniosków sformułowanych w przedstawionej monografii chciałbym więcej miejsca poświęcić wnioskowi dotyczącemu metody RSW wspomaganego grzaniem ultradźwiękowym. Zgadzam się z Autorem, że ze względu na możliwość grzania ultradźwiękami przekładki polimerowej, metoda ta ma największy potencjał w zakresie skrócenia czasu procesu. Należy przy tym zwrócić uwagę, że dostępna jest dość bogata literatura na temat ultradźwiękowego nagrzewania polimerów, szczególnie pod kątem ich spawania. W pracy brak jest odniesienia do pozycji poświęconych spawaniu polimerów, co być może mogłoby pogłębić analizę uzyskanych wyników. Godzi się przy tym zaznaczyć, że doniesienia literaturowe wskazują na różną podatność polimerów na grzanie pod działaniem ultradźwięków. Te stosowane w przekładce LITOCOR, wymienione w Tablicy

2.1 w przedmiotowej monografii, są dość mało podatne na spawanie, co mogło mieć wpływ na uzyskane połączenia.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej analizy monografii autorstwa Dr. Pawła Kustronia pod tytułem „Zgrzewanie hybrydowe warstwowych kompozytów metalowo-polimerowych” stwierdzam, że zawiera ona oryginalne i wartościowe wyniki badań eksperymentalnych. Badania te przeprowadzono z wykorzystaniem autorskiego układu pomiarowego, szczegółowo opisanego w pracy.

Słabą stroną przedmiotowej monografii jest poziom analizy i syntezy uzyskanych wyników, na co wskazałem w przedstawionej opinii.

Biorąc pod uwagę wartość uzyskanych wyników eksperymentalnych oraz poziom ich analizy i syntezy wyrażam opinię, iż przedłożona monografia Dr. Pawła Kustronia pod tytułem „Zgrzewanie hybrydowe warstwowych kompozytów metalowo-polimerowych” nie stanowi wystarczającego uzasadnienia do nadania Autorowi stopnia doktora habilitowanego w naukach inżyniersko technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna.

Ocena aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej

Jeśli chodzi o warunek, aby Kandydat do stopnia doktora habilitowanego wykazał się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej to uznaję, że jest on w przypadku Dr. P. KUSTRONIA spełniony. Dr P. KUSTROŃ współpracował z wieloma zespołami z innych instytucji prowadzących badania naukowe, w tym z instytutami Sieci Łukasiewicza (ITiR, GIT) oraz z Instytutem Podstawowych Problemów Techniki PAN. Prowadził także działalność międzynarodową w ramach projektów europejskich. Odbił dłuższy staż naukowy na Uniwersytecie w Windsorze w Kanadzie.

Opinia końcowa

Na podstawie dokonanej przeze mnie oceny wniosku w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna Panu Pawłowi KUSTRONIOWI **wyrażam opinię, że wniosek ten nie znajduje uzasadnienia ze względu na poziom merytoryczny monografii przedstawionej jako uzasadnienie wniosku.**

R. Kurydowski