



Politechnika
Śląska

Wydział Inżynierii Materiałowej

dr hab. inż.
Magdalena Barbara Jabłońska, prof. PŚ

Katowice, 3 maja 2023

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Kubik

pt. „Kształtowanie właściwości funkcjonalnych walcowanych

kompozytów warstwowych AlMg-Al-Cu”

Uwagi formalne

Opinię niniejszą wykonałam na podstawie przesłanego do mnie pisma Pana Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynierii Materiałowej Politechniki Częstochowskiej dr hab. Rafała Prusaka, prof. PCz. z dnia 19 kwietnia 2023 roku.

Opracowując recenzję rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Katarzyny Kubik, zgodnie z przyjętymi standardami oraz literą i duchem regulacji prawnych, kierowałam się głównie następującymi kryteriami:

- trafność wyboru tematyki badawczej oraz umiejętność określenia przedmiotu i zakresu pracy,
- oryginalność rozwiązania problemu naukowego, poprawność ustalenia celów rozprawy, tez rozprawy, strategii i procedur badawczych oraz struktury rozprawy,
- jakość rozprawy z punktu widzenia warsztatu naukowego i poziomu pisarskiego,
- stopień realizacji przyjętego celu rozprawy,
- wykazanie ogólnej wiedzy z zakresu objętego tematyką rozprawy oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia dyskursu naukowego.

Ocena istotności problemu naukowego rozprawy

Zasadniczym problemem podjętym w rozprawie doktorskiej Pani mgr inż. Katarzyny Kubik, jest kompleksowa analiza zachowania różnego rodzaju połączeń podczas plastycznego kształtowania blach kompozytowych trójwarstwowych o składzie AlMg5-Al-MnE w procesie zgrzewania wybuchowego.

W gospodarce stali obserwuje się wzrost zainteresowania i zapotrzebowania na materiały kompozytowe metalowe, wytwarzane zarówno metodami klasycznymi takimi jak odlewanie czy odlewanie odśrodkowe, zwijanie, zgrzewanie, jak również metodami bardziej zaawansowanymi, jakimi są przeróbka plastyczna z użyciem dużych prędkości odkształcenia czy np. metod SPD. Dotyczy to między innymi kompozytów metalowych warstwowych z uwagi na ich unikatowe właściwości i tym samym możliwości zastosowania. Kompozyty warstwowe metalowe o różnym składzie chemicznym są materiałem o szczególnym zapotrzebowaniu w takich gałęziach przemysłu jak energetyka, elektronika, przemysł chemiczny czy petrochemiczny a także przemysł okrętowy. Duże zainteresowanie skupia się na wyrobach z aluminium i z jego stopów, a w szczególności zawierających magnez.

W tym kontekście wybór tematyki rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Katarzyny Kubik jest w pełni uzasadniony. Ma to odzwierciedlenie zarówno w przyjętej strategii zaprojektowania i realizacji poszczególnych etapów pracy, które Autorka przemyślała, na podstawie przeanalizowanej literatury i doświadczeń promotora rozprawy Pana Profesora Dariusza Rydza w tym obszarze, jak również w prowadzeniu kolejnych etapów prac badawczych w rozprawie.

Przedłożona do recenzji praca doktorska wpisuje się więc, swoją tematyką w interesujące i bardzo aktualne obszary badań podstawowych ale jednocześnie dających podstawy aplikacyjne w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

Przedłożone do oceny zwarte ale i kompleksowe opracowanie zostało przygotowane w formie oprawionego wydruku komputerowego formatu A4 o objętości 130 stron. Atutem pracy jest estetyka, przejrzystość oraz uzupełnienie analizy wyników o element związany z możliwościami wdrożeniowymi opracowania do praktyki przemysłowej. Struktura rozprawy nie odbiega od przyjętych standardów dla tego rodzaju opracowań. Doktorantka podzieliła pracę na dwie zasadnicze części.

Pierwsza z nich, zatytułowana „Analiza stanu zagadnienia”, zajmuje wraz z wprowadzeniem 47 stron i podzielona jest na 6 podrozdziałów. Wprowadzają one czytelnika w tematykę zagadnień związanych z materiałami kompozytowymi ogólnie, metodami wytwarzania materiałów kompozytowych, analizą procesu asymetrycznego walcowania kompozytów warstwowych, procesami ich niszczenia oraz analizą ekonomiczną zagadnienia wytwarzania kompozytów warstwowych w procesie walcowania asymetrycznego. Ta część dysertacji zwiera podsumowanie przeglądu literatury co jest cenne z uwagi na zasadność podjęcia tematyki rozprawy. Literatura pracy jest właściwie dobrana i aktualna. W spisie literatury, Doktorantka podaje 132 pozycje krajowe i zagraniczne, do których odwołuje się w swojej rozprawie. W tej grupie, odnaleziono 4 prace współautorstwa Doktorantki, i liczne prace naukowe z obszaru związanego z tematyką pracy, współautorstwa promotora rozprawy.

Druga część, którą należy zaliczyć do części eksperymentalnej, przedstawiona została na 59 stronach. Tę część pracy otwiera rozdział „Hipoteza i cel i zakres badań”, a następnie rozdziały „Materiał badawczy”, i „Badania własne” zawierający 7 podrozdziałów opisujących ideę podjętego zagadnienia, stanowiska

badawcze, oraz metodykę badań i omówienie wyników badań z oceną możliwości wdrożenia przemysłowego opracowanego rozwiązania. Rozdział 4 dysertacji obejmuje podsumowanie uzyskanych wyników i wnioski, w których zawarto syntetyczne odniesienie się Autorki do uzyskanych w toku rozprawy wyników badań. Wnioski Doktorantka zawarła pięciu syntetycznych ustępach. Na str. 5 i 6 rozprawy Doktorantka zamieściła wykaz symboli, oraz skrótów co podnosi jakość opracowania i ułatwia interpretację i analizę treści, rysunków i opisów.

Merytoryczna ocena pracy

W części eksperymentalnej pracy, na podstawie analizy przeglądu literatury Doktorantka stawia tzw. hipotezę i cel rozprawy. **Hipoteza brzmi: na podstawie znajomości określonych parametrów procesowych oraz określonych właściwości funkcjonalnych kompozytu warstwowego, możliwe jest ich plastyczne kształtowanie z zapewnieniem odpowiedniej jakości obszarów połączenia wyrobu gotowego.**

Celem rozprawy jak podano na stronie 54 było: wyznaczenie optymalnych parametrów asymetrycznego procesu walcowania kompozytów warstwowych. Za optymalne parametry procesu walcowania w pracy przyjęto parametry zapewniające uzyskanie prostych kompozytowych pasm wielowarstwowych.

Powyższe Doktorantka realizowała w oparciu o założone etapy – niejako cele szczegółowe:

1. Określenie jakości i trwałości obszarów połączeń warstw materiałów kompozytowych po procesie łączenia metodą zgrzewania wybuchowego, dla kolejnych etapów plastycznego kształtowania z użyciem badań makroskopowych oraz mikroskopowych obszarów połączenia poszczególnych warstw kompozytu.
2. Dokonanie oceny wpływu asymetrycznego walcowania na przebieg procesu wytwarzania kompozytów warstwowych. Etap ten obejmował analizę wpływu asymetrii prędkości walców roboczych na parametry procesu walcowania takie jak rozkład sił nacisku metalu na walce, w zależności od zastosowanego współczynnika asymetrii, nierównomierność rozkładu gniotu na warstwy kompozytu oraz promień krzywizny blach kompozytowych. Po ich zakończeniu wykonano badania twardości i wytrzymałości na ścinanie po procesie plastycznego kształtowania.
3. Ocenę potencjału wdrożenia procesu asymetrycznego walcowania do praktyki przemysłowej. W tym celu wykonano szereg analiz uwzględniających właściwości użytkowe (głównie jakość wyrobu) w poszczególnych etapach procesu wytwórczego a także koszty oraz możliwości skrócenia cyklu procesu walcowania blach trójwarstwowych.

Według recenzentki, w zaproponowanej hipotezie powinno znaleźć się doprecyzowanie, jakie to parametry procesowe oraz jakie właściwości funkcjonalne kompozytów będą umożliwiały ich plastyczne kształtowanie z zapewnieniem odpowiedniej jakości połączenia wyrobu gotowego. Ponadto nie do końca fortunnie użyto sformułowania „odpowiednia jakość, nie wprowadzając w hipotezę o jakie parametry

jakościowe chodzi. Zatem Hipoteza taka zasadniczo mogłaby dotyczyć każdego procesu technologicznego a nie do końca o to chodzi w stawianiu hipotez badawczych w pracach doktorskich.

Uwaga: w hipotezie mowa o jednym czy o większej liczbie badanych kompozytów gdyż w samej jej treści wskazania są rozbieżne. Zapewne to tylko błąd stylistyczny.

W celu pracy również recenzentka dopatrzyła się nieścisłości. W celu mowa jest o optymalizacji parametrów asymetrycznego procesu walcowania kompozytów warstwowych. Nie jest, czy aby zdaniem recenzentki, używanie tego określenia nieco na wyrost? Jakkolwiek na stronie 47 Autorka pisze, że cyt: „Dążenie do nieuchwytniej doskonałości (optymalizacja) jest procesem ciągłym”, czy zatem w tym kontekście optymalizowanie było powiązane z tą definicją? Czy optymalizacja nie wiąże się bezpośrednio z użyciem analiz statystycznych jakimi można optymalizować parametry? W tym miejscu stwierdzam niedosyt oraz nieścisłości. Na stronie 86 w tabeli 4 Doktorantka dla przykładu prezentuje wyniki badań dla „optymalne” i tu błąd stylistyczny, powinno być „optymalnych” warunków realizacji procesu walcowania dla 8 przepustów drugiego wariantu kształtowanych plastycznie próbek kompozytowych warstwowych. Jednak czy tabela z parametrami to jakakolwiek optymalizacja?

W tym miejscu pozwolę sobie stwierdzić, że określenie „proste kompozytowe pasma wielowarstwowe” jest niejako również nieprecyzyjne. Wyraźnie w tym miejscu wskazane byłoby doprecyzowanie co oznaczają tzw. proste pasma?

Wartość dodaną w tym zakresie stanowią jednak wskazane trzy elementy stanowiące w istocie cele szczegółowe realizacji pracy jakie Autorka zaproponowała sprecyzowała i wskazała metody badań, które w tym obszarze wykorzystwała aby zrealizować cel pracy. W ten sposób inteligentnie powiązała realizację w.w trzech etapów z hipotezą i celem rozprawy, który niemal prowadzi czytelnika dalej w tok rozumowania Autorki.

Zatem muszę podkreślić, iż pomimo braku precyzyjności i wysokiego poziomu ogólności hipotezy i celów rozprawy odnosząc się do tzw. elementów uszczegółowienia, **ich słusność Autorka wykazała w kolejnych rozdziałach badawczych Swojej pracy**. Jednocześnie muszę podkreślić, że zrealizowała, adekwatny i właściwie dobrany program badań a całość opracowania posiada bez wątpienia znamiona oryginalności.

Rozdział 3.2 to rozdział opisujący materiały użyte do badań w celu wytworzenia warstwowego kompozytu AlMg5+Al+Cu. W tym rozdziale uzasadnia Autorka, iż zastosowanie do badań tego materiału wynikało z zapotrzebowania w przemyśle okrętowym na warstwę zewnętrzną o bardzo dobrej spawalności, wyższej wytrzymałości niż warstwa Al oraz dobrej odporności na korozyjnej na oddziaływanie wody morskiej. Nie do końca uzasadnione jednak i potrzebne jest wprowadzanie w tym rozdziale opisów właściwości czystego Al czy czystej miedzi gdyż są to dane powszechnie dostępne i znane. Nie wnoszą wartości dodanej w tym rozdziale.

Rozdziały od 3.3.1 do 3.3.7 to badania własne Autorki Pani mgr inż. Katarzyny Kubik. Przeprowadzone badania mają charakter eksperymentalny i są dobrze opisane. Metodyka badań jest scharakteryzowana. Opisano urządzenia, na których prowadzono zarówno eksperymenty doświadczalne jak i badania. Na podkreślenie zasługuje przede wszystkim opis procesu asymetrycznego walcowania

komponentów w celu uzyskania warstwowego kompozytu. Czasem metody badań są opisane w nazbyt podręcznikowy sposób co w pracach na poziomie doktoratów można pominąć. Niemniej jednak metodyka badań jest dobrze opisana i adekwatna do realizacji celów pracy.

Doktorantka wykonała szeroki, Autorski, specjalistyczny i zawierający triangulację wielu metod badawczych program badań doświadczalnych, który obejmował:

1. Przeprowadzenie eksperymentów zgrzewania wybuchowego i asymetrycznego walcowania kompozytów.
2. Analizę makro i mikrostrukturalną.
3. Badania wytrzymałości obszarów połączeń na ścinanie.
4. Pomiary mikrotwardości.
5. Ocenę możliwości wdrożeniowej asymetrycznego procesu walcowania blach trójwarstwowych do praktyki przemysłowej.

Część doświadczalna pracy ma ciekawą wartość poznawczą a analiza możliwości wdrożenia stanowi wartościowe uzupełnienie badań o charakterze naukowym.

Oceniając tę część rozprawy stwierdzam, że jest ona poprowadzona logicznie i poszczególne rozdziały w sposób rzeczowy następują po sobie tworząc spójny układ, który prowadzi do realizacji celu i potwierdzenia przyjętej tezy/założenia.

Konkludując, Doktorantka wykonała zrealizowała ciekawy poznawczo, warty uwagi materiał z badań. Część eksperymentalna recenzowanej rozprawy została przygotowana dobrze. Dysertacja jest poprowadzona w sposób logiczny a Autorka dołożyła starań aby zadbać o przemyślany tok realizacji pracy, w tym także odpowiednie przygotowanie i prowadzenie eksperymentów. Załączone rysunki, mikrofotografie, tabele oraz schematy są dość przejrzyste i dobrze uzupełniają tekst rozprawy. Muszę zaznaczyć, iż w tekście rozprawy odnalazłam liczne błędy literowe oraz stylistyczne czego prawdopodobnie można byłoby uniknąć, czytając spokojnie całość rozprawy z większą uwagą i analizując jej przygotowanie, z poszanowaniem reguł języka polskiego. Strona redaktorska pracy zatem zasługuje na dopracowanie.

W tym miejscu czuję się zobligowana do poruszenia kwestii dyskusyjnych, do których Pani mgr inż. Katarzyna Kubik będzie miała możliwość ustosunkować się podczas publicznej obrony:

1. W procesie zgrzewania wybuchowego analizowanych materiałów warstwowych dochodzi do lokalnych „przetopień”. W wyniku tego procesu dochodzi również do formowania się faz międzymetalicznych, które Autorka opisuje w rozdziale 3.3.1. Proszę o wyjaśnienie stwierdzenia, cyt.: „...w obszarze połączenia nie zaobserwowano obszarów przetopień świadczących o występowaniu faz międzymetalicznych...” Proszę o wskazanie jaki poziom temperatury uzyskiwany jest w trakcie zgrzewania wybuchowego i jak możemy kontrolować temperaturę tego procesu aby teoretycznie nie dopuścić do wydzielania się kruchych faz międzymetalicznych. Jaka jest temperatura tworzenia faz międzymetalicznych zidentyfikowanych w trakcie badań? Czy możemy zastosować

- inne, a jeżeli tak to jakie techniki badawcze, w celu identyfikacji oraz określenia udziału faz międzymetalicznych w badanych półwyrobach po procesie zgrzewania?
2. W toku czytania rozprawy nie ma wyraźnie wskazań jakie to własności funkcjonalne świadczą o możliwościach zastosowania wytworzonych w procesach zgrzewania wybuchowego i asymetrycznego walcowania kompozytów z układów Al-MnE i Al-AlMg5. Proszę o uzupełnienie tej informacji.
 3. W rozdziale omawiającym możliwości wdrożenia w analizie SWOT nie podano żadnych słabych stron. Czy aby na pewno jest to właściwe podejście, biorąc pod uwagę chociażby przygotowanie materiałów wsadowych do procesu walcowania asymetrycznego? Proszę o wypowiedź tej sprawie. Czy zaproponowany firmie proces asymetrycznego walcowania może być stosowany do produkcji innych wyrobów a jeśli tak to jakich?

Powyższe pytania oraz uwagi, w tym dyskusyjne, nie umniejszają mojej pozytywnej opinii o recenzowanej pracy doktorskiej Pani mgr inż. Katarzyny Kubik.

Stwierdzam, iż przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska stanowi cenną bazę informacji dla dalszych, celowych badań w obszarze związanym z implementacją procesu asymetrycznego walcowania kompozytów warstwowych jako nowego rozwiązania technologicznego. Przedstawione i opisane w pracy wyniki badań nakreślają wiele kierunków dalszych prac badawczych z tego obszaru w tym również prac o charakterze ściśle naukowym.

Wniosek końcowy

Moja ogólna ocena pracy jest pozytywna. Doktorantka rozwiązała problemy o znaczeniu poznawczym, naukowym oraz technologicznym. Wykazała się niezbędną wiedzą z zakresu przedmiotu pracy, stosowanych technik i metod badawczych oraz umiejętności połączenia wielu wyników badań i logicznego wnioskowania.

Stwierdzam, że przedłożona do recenzji rozprawa doktorska
Pani mgr inż. Katarzyny Kubik pt.:

„Kształtowanie właściwości funkcjonalnych walcowanych kompozytów warstwowych AlMg-Al-Cu”

jest dziełem dysertabilnym i spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2020 roku poz. 85, z późn. zm.). W związku z tym **wnoszę o przyjęcie rozprawy** mgr inż. Katarzyny Kubik i **dopuszczenie jej Autorki do publicznej obrony**. Ponadto uznaję, że dysertacja posiada dużą wartość merytoryczną i poznawczą.

Magdalena Jabłońska