



**GDAŃSK UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
AND SHIP TECHNOLOGY



Gdańsk, 02.04.2024

dr hab. inż. Jacek Tomków, prof. PG
Zakład Technologii Materiałowych i Spajania
Instytut Technologii Maszyn i Materiałów
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa
Politechnika Gdańska

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Marka Szewczyka pt.:
„Analiza wpływu warunków smarowania na opory tarcia i topografię powierzchni
blach stalowych głębokotłoczonych w procesie wytłaczania”
wykonanej pod opieką promotora Pana dr. hab. inż. Tomasza Trzepiecińskiego, prof.

PRZ

oraz promotora pomocniczego Pana dr. inż. Krzysztofa Szwejka
opracowana na zlecenie Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna
Politechniki Rzeszowskiej
z dnia 29.02.2024 r.

WPROWADZENIE

Obróbka plastyczna jest jednym z podstawowych procesów technologicznych, który pozwala na kształtowanie metali na komponenty wykorzystywane w naszym otoczeniu. Spośród nich, dużą gamę stanowią elementy poddane procesowi wytłaczania. Ten zaś posiada ograniczenia, wśród których ważnym aspektem są opory tarcia pomiędzy oprzyrządowaniem narzędziowym oraz obrabianym materiałem. Jednym ze znanych sposobów, który pozwala zmniejszyć tarcie jest stosowanie środka smarującego. Doktorant w swojej pracy zaproponował zmianę warunków smarowania na smarowanie ciśnieniowe, co zostało dogłębnie przeanalizowane pod kątem wpływu owych warunków na opory tarcia oraz topografię powierzchni po obróbce plastycznej na zimno. Jako materiał do badań wybrano różne blachy wykonane ze stali głębokotłoczonych.

Dobór tematu uważam za trafny i uzasadniony. Moim zdaniem praca Pana mgr. inż. Marka Szewczyka wpisuje się w aktualne trendy badawcze. Badania wykonane



przez doktoranta dotyczą zagadnień zarówno ze strony naukowej, jak i praktycznej, a ich rezultaty mogą być wykorzystane w rzeczywistych aplikacjach przemysłowych. Cel, przedmiot oraz treść recenzowanej rozprawy doktorskiej wpisują się w zagadnienia dyscypliny Inżynieria Mechaniczna.

CHARAKTERYSTYKA I OCENA FORMALNA ROZPRAWY

Recenzowana rozprawa doktorska zbudowana jest z 8 rozdziałów, wśród których można wyróżnić część teoretyczną (rozdział 1.), część badawczą (rozdziały 2-7) oraz podsumowanie i wnioski (rozdział 8.). Ponadto, w pracy znajdują się spis treści, wykaz symboli i oznaczeń, bibliografia oraz streszczenia w języku polskim i angielskim. Dodatkowo, zamieszczono 14 załączników, którymi są rysunki złożeniowe i wykonawcze przygotowanego „testera współczynnika tarcia”. Całość rozprawy zajmuje 200 stron. Przedstawiony w pracy spis literatury uwzględnia: 130 artykułów i podręczników; 5 przedmiotowych norm, 2 źródła internetowe. Dobór literatury uważam za trafny. Wiele z przedstawionych pozycji jest angielskojęzycznych i zostały opublikowane w ostatnich pięciu latach, co świadczy o dobrym przeglądzie prac związanych z tematyką rozprawy. Spośród przedstawionych w literaturze pozycji, doktorant jest współautorem 8 artykułów naukowych wydanych w latach 2022-2023 oraz jednego zgłoszenia wynalazku z 2023 roku.

Pracę rozpoczyna spis treści, za którym znajduje się wykaz skrótów i oznaczeń. We wstępie rozprawy Doktorant przedstawia informacje wstępne do przedstawianych dalej zagadnień. W części tej ogólnie przedstawiono również cel pracy.

W rozdziale 1. Przedstawiono aktualny stan wiedzy związanej ze zjawiskiem tarcia w procesie kształtowania blach. Doktorant opisał tutaj aspekty tribologiczne, mechanizmy tarcia, sposoby wyznaczania wartości współczynnika tarcia oraz sposoby i rolę smarowania w procesach obróbki plastycznej. We wspomnianym aspekcie Autor potwierdził swoją dobrą znajomość tematu. Jako pewne braki części literaturowej uważam brak podrozdziału dotyczącego sieci neuronowych, które autor wykorzystywał w swoich badaniach. Moim zdaniem, należało tutaj przedstawić aspekty związane z ich używaniem, tworzeniem oraz obszarami zastosowań, podkreślając również ograniczenia. Dodatkowo, można było przedstawić ogólną charakterystykę obróbki plastycznej.

W rozdziale 2. autor przedstawił cel pracy oraz sformułował poprawną tezę badawczą. W treści recenzowanej rozprawy zabrakło jednak jednoznacznego stwierdzenia, że teza została potwierdzona, co mogło zostać zawarte w rozdziale



podsumowując pracę. W kolejnych rozdziałach Doktorant przedstawił wyniki zrealizowanych badań oraz analiz, a całość kończy rozdział „Podsumowanie i wnioski końcowe”. **Analizując pracę pod kątem edytorskim i formalnym nasunęły mi się następujące uwagi:**

- W wykazie symboli i oznaczeń brakuje jednostek. Ich zamieszczenie poprawiłoby czytelność tej części.
- Str. 7 – za powtórzenie można uznać sformułowanie „proces wytlaczania” użyte w pierwszych zdaniach trzech kolejnych akapitów.
- Niekonsekwencja w podawaniu źródła zaprezentowanych wzorów, brak np. dla wzoru (1.1).
- Brak podania jednostek przy oznaczaniu niektórych wzorów- np. podano je dla wzoru (3.1.), a brak dla wzoru (1.1.).
- Rys. 1.8. przedstawiający „Schemat tworzenia się klina smarowego” zawiera m.in. strzałkę oznaczoną jako „p”. Zgodnie z przedstawionym na początku pracy wykazem skrótów jako „p” zdefiniowano „prawdopodobieństwo”.
- Str. 19 – „wyniki uzyskane po prowadzonych badaniach” – czy można uzyskać wyniki po badaniach, które nie były prowadzone?
- W mojej opinii, niektóre rysunki można było pominąć, np. Rys. 4.11, czy 4.13., na których przedstawiono zdjęcia czujników, co z merytorycznego punktu widzenia nie wnosi niczego do pracy.
- Str. 116 – Autor w pierwszych dwóch akapitach przedstawia sposób budowy modelu neuronowego, jednakże brak źródła, które poparłoby taki sposób postępowania.
- Rysunek 6.12. pojawia się na dole str. 132, jednakże pierwsza wzmianka o nim ma miejsce na kolejnej stronie. Przyjętym jest, że w tego typu pracach, najpierw należy przywołać rysunek, a następnie powinien on być zaprezentowany.
- Str. 138 – „wybrana sieć neuronowa (...) świetnie sobie radzi” – błąd stylistyczny oraz sformułowanie potoczne.
- Podrozdział 7.1. przedstawia wyniki z artykułu doktoranta [102], jednakże brakuje tutaj zaznaczenia źródła – te podano we wstępie do rozdziału 7. Źródło podano z kolei w podrozdziale 7.2.. Uznać to należy za niewielki błąd edytorski. Podobnie rysunki przedstawione w tych dwóch podrozdziałach powinny zawierać informację, że



opracowano je na podstawie pozycji [102] oraz [113]. Zabieg taki autor stosował we wcześniejszych rozdziałach, np. Rys. 1.2, gdzie zaznaczono, na podstawie, której pozycji literatury został on opracowany.

- Str. 151 – potoczne stwierdzenie „ogólnie rzecz biorąc”.

- Nazwę czasopisma z pozycji literaturowej [100] zapisano małymi literami.

Przedstawione powyżej uwagi formalne i edytorskie nie wpłynęły negatywnie na odbiór pracy, którą napisano starannie i zgodnie z zasadami języka polskiego. Przedstawione w niej pojęcia oddają ideę języka technicznego i są typowymi, jakie wykorzystuje się w prezentacji rozpraw doktorskich.

OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY

W wyniku analizy recenzowanego tekstu uznać należy, że wpisuje się on w zagadnienia Inżynierii Mechanicznej. Doktorant zrealizował badania typowe dla tej dyscypliny naukowej. Wykonano: statyczną próbę rozciągania, pomiary twardości, wyznaczono krzywą umocnienia oraz współczynnik umocnienia odkształceniowego, test ciągnięcia blachy, badania topografii powierzchni oraz sporządzono sieci neuronowe wraz z analizami statystycznymi. Poprawnie sformułowano tezę badawczą, która następnie była weryfikowana w sposób eksperymentalny. Za dużą zaletę pracy uważam również podjęcie prób wskazania najważniejszych czynników wpływających na skuteczność smarowania podczas wyłaczania. Wykorzystanie sieci neuronowych ciągle nie jest szeroko stosowane przez badaczy. W moim przekonaniu Doktorant udowodnił, że jest przygotowany do prowadzenia badań naukowych, które poprawi poprawnie przeanalizować. Jednakże, czytając tekst, narzuciło mi się kilka kwestii, które należałoby wyjaśnić:

1. Autor rozprawy wykonał dużą liczbę badań i testów. Czy rozważano wykorzystanie metod planowania eksperymentu, np. plan Placketta-Burmana?
2. Na Rys. 1.1. jako jedną z właściwości materiału (blachy) autor wskazał „właściwości cieplne”. Brakuje jednak informacji o jakie właściwości tutaj chodzi.
3. Celem pracy było (zgodnie ze wskazaniem na str. 35) „zbadanie wpływu warunków smarowania na współczynnik tarcia i topografię powierzchni blach stalowych głębokotłoczonych poddanych oddziaływaniu dociskacza w procesie wyłaczania, z wykorzystaniem opracowanego specjalnego testera do wyznaczania wartości współczynnika tarcia, zwłaszcza blach w warunkach smarowania ciśnieniowego”. Z pewnością celem nie może być „zbadanie”, takim



może być „analiza”, „określenie” itp.. Ponadto, Autor mógł się również pokusić o sformułowanie celu użytecznej pracy.

4. W tym samym rozdziale przedstawiono plan badań, w którym w punkcie 5 znaleźć można: „dobór strategii i parametrów badań”. Wydaje się, że strategię obrano już na początku, a nie dopiero w piątym kroku.
5. W rozdziale „3. Materiał badawczy” przedstawiono skład chemiczny stosowanych blach. Przedstawiono wartości zgodnie z zakresami z normy PN-EN 10130:2009. Szkoda, że nie wykonano analizy składu chemicznego i nie przedstawiono rzeczywistych składów materiałów. Na stronie 76 Doktorant stwierdza: „(...) na efektywność smarowania w procesie tarcia między innymi wpływa gatunek blachy.” Czy i ewentualnie w jaki sposób zdaniem Doktoranta, rzeczywisty skład chemiczny blach mógłby wpływać na wyniki badań?
6. W tabeli 3.2. zaprezentowano wybrane właściwości blach, które badano zgodnie z kierunkiem walcowania oraz prostopadle do niego. W przypadku blachy DC06 otrzymano odmienne wyniki niż w przypadku pozostałych materiałów. Materiał osiągnął wyższą wartość wytrzymałości na rozciąganie oraz wydłużenia w kierunku prostopadłym, niż w kierunku równoległym do kierunku obróbki plastycznej. Podobne rezultaty otrzymano przy wyznaczeniu wartości współczynnika umocnienia odkształceniowego oraz wykładnika krzywej umocnienia, co zostało stwierdzone wprost na str. 43. Autor w żaden sposób nie wyjaśnia przyczyny, dla której blacha okazała się „mocniejsza” w kierunku prostopadłym do kierunku walcowania, niż zgodnie z tym kierunkiem.
7. Podając wyniki twardości brakuje wskazania, że dotyczy to skali HV10.
8. W pracy Autor przedstawia wiele wykresów, na których zamieszczono rezultaty badań (np. Rys. 5.1- 5.8., 5.12.-5.19.). Nie zawierają one jednak żadnej informacji odnośnie wartości. Tych próżno szukać również w tekście, czy w postaci tabel. Brak wartości utrudnia interpretację wyników. Ponadto, na słupkach naniesiono zakresy, jak się wydaje odchylenia standardowego, jednakże informacja taka nie została zamieszczona w pracy.
9. Za pewien brak w rozdziale „8. Podsumowanie i wnioski końcowe” uważam fakt pominięcia wypunktowanych wniosków. Taki sposób prezentacji poprawiłby czytelność tej części pracy. Dodatkowo Autor powinien przedstawić tutaj wyniki ilościowe, które potwierdziłyby jego stwierdzenia.



10. Na stronie 154 Doktorant stwierdza: „Stosowanie smarowania olejem z wymuszonym ciśnieniem umożliwia zmniejszenie wartości współczynnika tarcia i poprawę jakości powierzchni blachy, co jest szczególnie widoczne wraz ze zwiększaniem się wartości ciśnienia smarowania.”. W jaki sposób autor rozumie tutaj „jakość powierzchni”? Czy zasadnym nie byłoby tutaj odniesienie do celu pracy, w którym wspomniana jest topografia powierzchni?

W moim przekonaniu wyszczególnione błędy nie wpływają na pozytywny odbiór recenzowanej rozprawy.

WNIOSEK KOŃCOWY

Recenzowana rozprawa doktorska jest oryginalnym osiągnięciem naukowym Pana mgr. inż. Marka Szewczyka. Autor w swojej pracy przedstawił poprawnie zrealizowane i przeanalizowane badania, stosując przy tym metody i narzędzia wpisujące się w dyscyplinę naukową Inżynieria Mechaniczna.

Podsumowując stwierdza, że **praca spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim**, które są określone w art. 187 Ustawy z dnia 20.07.2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. z 2023 r., poz. 742) w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna. **W związku z tym wnioskuję o przyjęcie rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Marka Szewczyka i dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

Z poważaniem,