

dr hab. inż. Przemysław Tyczewski
Politechnika Poznańska
Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu
Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Grzegorza Wszelaczyńskiego
pt. *„Wpływ nanocząstek węgla na właściwości tribologiczne
kompozycji smarowych”*

wykonanej pod kierunkiem:

Promotor: dr hab. inż. Dymitry Capanidis

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Maciej Paszkowski

Podstawa prawna: przepisy Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym w zakresie sztuki (Dz. U. 2017 r., poz. 1789 z późn. zm.) i Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U z 2018 r., poz. 1669).

Podstawa opinii: Pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynierii Mechanicznej Politechniki Wrocławskiej prof. dr hab. inż. Zbigniewa Gronostajskiego z dnia 5 października 2023 r. (W10/D/92/2023).

1. Charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska mgr. inż. Grzegorza Wszelaczyńskiego pt. *„Wpływ nanocząstek węgla na właściwości tribologiczne kompozycji smarowych”* została wydana na Politechnice Wrocławskiej, Wydziale Mechanicznym w 2023 roku. Praca liczy 101 stron i obejmuje 8 rozdziałów oraz literaturę.

Spis literatury zawiera 111 pozycji, w tym 4 opublikowane w 2023 roku, 7 opublikowane w ostatnich 5 latach. Publikacje mają ścisły związek z tematem rozprawy i w zdecydowanej większości mają zasięg międzynarodowy.

2. Przedmiot i ocena istotności problemu naukowego rozprawy

Z racji konieczności spełniania różnych funkcji ruchowych, maszyny mają wiele węzłów tribomechanicznych. Wzajemne przemieszczanie się współpracujących części wywołuje zjawiska, których intensywność może być spotęgowana współdziałaniem specyficznych środowisk technologicznych. Zapewnienie wysokiej jakości maszyn i urządzeń w aspekcie technicznym to działanie mające na celu przede wszystkim zagwarantowanie wysokiej niezawodności węzłów ruchowych. Niezawodność maszyn i urządzeń charakteryzuje się głównie odpornością na działanie procesów destrukcyjnych.

Wśród istotnych wymagań stawianym węzłom tarcia jest ich zmniejszenie zużywania, między innymi poprzez stosowanie odpowiednich środków smarowych. W celu polepszenia ich charakterystyk stosuje się szereg różnych dodatków, czyli specjalnych substancji chemicznych. Jednym z dodatków są nanocząstki smarów stałych opartych na bazie węgla. W literaturze można znaleźć szereg publikacji na temat wpływu tych cząstek na zużywanie elementów trących. Jednak nie ma jednoznacznego poglądu jaka jest optymalna ilość tych dodatków przy zmieniających się warunkach wymuszeń, np. prędkości ślizgania czy siły nacisku.

Wykorzystanie grafenu jako dodatku na bazie węgla, jest bardzo wskazane, gdyż obecnie nie ma dużo informacji o ich wykorzystaniu w rzeczywistych elementach przemysłowych.

Dysertacja mgr inż. Grzegorza Wszelaczyńskiego pt. *„Wpływ nanocząstek węgla na właściwości tribologiczne kompozycji smarowych”*, realizowana pod opieką naukową promotora dr. hab. inż. Dymitrya Capanidisa oraz przy wsparciu merytorycznym i metodycznym promotora pomocniczego dr hab. inż. Macieja Paszkowskiego dotyczy sedna powyższych zagadnień. Jej tematyka wpisuje się bowiem w obszary problemowe z zakresu zwiększenia niezawodności węzłów tarcia.

Realizacja badań tribologicznych przyczyniła się do zwiększenia wiedzy o wykorzystaniu grafenu jako dodatku do kompozycji smarowych stosowanych w węzłach tarciovych.

Cel pracy: *„przedstawienie wpływu udziału procentowego grafenu w smarze na charakterystykę zużycia stalowych materiałów stosowanych na węzły ślizgowe”* został osiągnięty.

W pracy poszukiwano korelacji wynikowej między zastosowaniem smarów o różnym udziale procentowym grafenu na zużycie węzłów tarcia w różnych warunkach pracy przy zmieniającej się prędkości ślizgania oraz siły nacisku.

Do analizy specyfiki realizacji tribologicznego eksperymentu wieloczynnikowego, wykorzystano możliwości matematycznych metod planowania eksperymentów w celu zmniejszenia ilości badań oraz opracowania modelu matematycznego.

W pracy przedstawiono wpływ procentowej zawartości grafenu w smarach na zużycie węzłów tarcia przy zmiennych warunkach pracy, a więc zmieniającej się prędkości ślizgania i siły nacisku. Stanowi to osiągnięcie celu pracy oraz potwierdzenie tezy pracy. Przełożyło się to w efekcie na zaproponowaniu optymalnej ilości grafenu w smarze w zależności od wartości prędkości i siły nacisku.

Można zatem stwierdzić, że przedstawiona praca doktorska Pana mgr inż. Grzegorza Wszelaczyńskiego wpisuje się swoją tematyką i zrealizowanym zakresem prac w interesujące i aktualne obszary badań poznawczych i aplikacyjnych nauk inżynierijno-technicznych w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn (inżynieria mechaniczna).

3. Analiza treści rozprawy

Rozprawę rozpoczyna krótkie (6 strony) „Wprowadzenie”. Autor przedstawił problematykę zużywania tribologicznego węzłów tarcia, oraz zasadność stosowania środków smarowych w szczególności dodatków, między innymi redukujących tarcie.

Rozdział 2. „Przegląd literatury – Analiza stanu wiedzy”. W rozdziale, liczącym 31 stron, autor przedstawił zagadnienia związane z dodatkami do smarów plastycznych oraz ich rolą w polepszeniu charakterystyk tribologicznych smarów. W szczególności przedstawił analizę literatury z wykorzystaniem MoS₂, Cu, PTFE oraz grafenu jako dodatków do kompozycji smarowych.

Rozdział 3. „Teza i cele pracy”, liczy jedną stronę. Doktorant zawarł w tym rozdziale tezę: „na podstawie udziału procentowego grafenu Z% można, w powiązaniu z parametrami wymuszeń tj. prędkością poślizgu/obrotową v i obciążeniem F , prognozować poprawnie charakter i stanień zużycia stalowych składek ślizgowych” oraz cel pracy: „Celem pracy jest przedstawienie wpływu udziału procentowego grafenu w smarze na charakterystykę zużycia stalowych materiałów stosowanych na węzły ślizgowe”. W rozdziale tym są jeszcze kolejne cele do zrealizowania aby potwierdzić tezę pracy.

Rozdział 4. „*Program i metody badań*”. Rozdział ten zawarty jest na 22 stronach. Przedstawia program badań, metody i warunki badań, plan eksperymentu, wykaz materiałów z ich charakterystyką, przygotowanie kompozycji smarowych i obrazowanie SEM wytworzonych smarów.

Rozdział 5. „*Badania tribologiczne przy styku skoncentrowanym punktowym*”, liczy 23 strony. Zawiera on wyniki zrealizowanych badań laboratoryjnych wraz z ich omówieniem. W szczególności określono skuteczność działania przyjętych smarów oraz przedstawiono wyniki badań wpływu udziału procentowego grafenu na charakterystykę zużycia przy zmiennych wartościach wymuszeń F_i v.

Rozdział 6. „*Badania reologiczne*”. Doktorant przedstawił na 6 stronach charakterystyki reologiczne stworzonych i wykorzystywanych w badaniach kompozycji smarowych.

Rozdział 7. „*Wnioski końcowe*”. Na jednej stronie autor zawarł cztery wnioski końcowe. Pierwszy wniosek „*Na podstawie przeprowadzonych badań, przy styku skoncentrowanym punktowym, stwierdzono wpływ dodatku grafenu na charakterystyki tribologiczne w zakresie tarcia mieszanego. Wpływ tej wielkości jest ściśle powiązany z parametrami wymuszeń, o czym świadczą uzyskane funkcje regresji oraz charakter zmian poziomie $d = const$* ”. Kończy się stwierdzeniem: „*Potwierdza to poprawność przyjętych założeń i tezy pracy*”.

Rozdział 8. „*Kierunki dalszych badań*”. W rozdziale tym na dwóch stronach autor zawarł osiem punktów co do dalszych możliwych badań.

Rozdział 9. „*Literatura*”. Na siedmiu stronach załączono spis 111 pozycji literaturowej.

4. Ocena pracy, uwagi ogólne i szczegółowe

Praca odpowiada postawionemu celowi, przyjętej tezie i zadaniom badawczym. Jest dostosowana do obowiązujących w tym zakresie wymogów. Na szczególną uwagę zasługuje analiza różnych ilości grafenu w celu stworzenia kompozycji smarowych. Ze względu na duży koszt tego dodatku istotnym jest stwierdzenie ile optymalnie powinno być jego zawartości w smarze przy różnych prędkościach i sile nacisku. Pozytywnie oceniam wykorzystanie metod matematycznych do planowania eksperymentu, co skutkuje skróceniem czasu wykonania prób, ale przede wszystkim kosztu wykonania całego eksperymentu. Praca została napisana poprawnym stylem z wykorzystaniem właściwego nazewnictwa inżynierskiego.

Uwagi ogólne

Po przejrzeniu pracy mam kilka uwag ogólnych do dysertacji.

1. Tekst od strony 37 (9 wiersz od góry) do końca rozdziału 2.4 (strona 38) zawiera trafne stwierdzenia co do całej pracy, niekoniecznie jednak jako przegląd literatury. Wydaje się, że mógł on być w podsumowaniu całej pracy lub we wnioskach końcowych jako zrealizowanie celów pracy.
2. Rozdział 2.5 „Podsumowanie” nazwałbym „Podsumowanie literatury”
3. Rozdział 3 „Teza i cele pracy”, rozpoczyna się tezą, dalej jest cel pracy (jeden), po czym na dole strony są kolejne cele do zrealizowania. Osobiście kolejne cele nazwałbym je cele szczegółowe.
4. W pracy po przedstawieniu i omówieniu badań zawarto wnioski końcowe oraz kierunki dalszych badań. Brakuje podsumowania całej pracy, badań i jednoznacznego stwierdzenia, że wszystkie cele szczegółowe zostały wykonane.

Pytania

W trakcie analizy pracy nasunęły się następujące pytania:

1. W jakim celu wykonano obrazowanie SEM wytworzonych smarów (rozdział 4.6)?
2. W jakim celu zamieszczono rysunek 36?
3. Kończąc rozdział 2.3 brakuje jednoznacznego stwierdzenia dlaczego wybrano do badań grafen?
4. Dlaczego do analizy matematycznej wybrano plan rotacyjny?
5. Dlaczego za funkcję aproksymującą wyniki badań przyjęto wielomian drugiego stopnia ze współczynnikiem drugiego stopnia?

Uwagi redakcyjne

Strona 10, wiersz 5. Niezrozumiałe stwierdzenie „... większość stykających się powierzchni, takich jak koła zębate, mechanizmy śrubowe, łożyska i uszczelki są smarowane smarami dla kontroli tarcia i zużycia”. Na czym ta kontrola polega?

Strona 13, wiersze 1-4. Zamieszczony cudzysłów sugeruje, iż tekst pochodzi z jakiegoś źródła, po cytacie powinno być powołanie najprawdopodobniej na literaturę [64].

Strona 15, wiersz 4. „Fakt ten świadczy bardzo dobrze o możliwości zastosowania grafenu ponieważ w powyższej pracy ...”. W całym akapicie jest mowa o miedzi, czy nie powinno być

zamiast „grafenu” „miedzi”? I dalej to samo zdanie „... nie tylko uzyskano pozytywny efekt zastosowania nanomiedzi, ale dodatkowo zastosowano niewielką ilość dodatku nanomiedzi”.

Może tu powinien być grafen?

Strona 17, rysunek 9. Brak na wykresie jednostki czasu.

Strona 23, wiersz 18. Przed podaniem literatury [56], powinien być wyraz „pracy”

Strona 39, wiersz 8. Brakuje litery „ą” w wyrazie „wpływaj”

Strona 48, wiersz 2. Zamiast „... wejściowych w wyjściowymi...”, powinno być raczej „... wejściowych z wyjściowymi...”.

Strona 52, wiersz 4. W nawiasie powtórzono wyraz „Rys. 29”.

Strona 58, wiersz 21. Zamiast „Max” powinno być „Maksymalna”.

Strona 63, wiersz 18. Powtórzono wyraz „Rys. 45”.

Strona 90, wiersz 9. „... obniżeniem jej wartości 8,2%”. Czy przed 8,2% nie powinno być „do” lub „o”?

Ponadto rysunki są słabej jakości, w szczególności teksty na rysunkach 12, 14 i 15 są nieczytelne.

Nie ma konsekwencji w pracy. Część rysunków mają opis w języku angielskim. Współczynnik tarcia jest różnie opisywany, np. COF, CoF, μ , Coefficient of friction. Różne są czcionki na rysunkach i w tabelach. Również w tekście oprócz określenia tribologia można trafić na trybologia.

5. Ocena końcowa

W podsumowaniu stwierdzam, że przedstawiona do oceny rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, zaś podjęty przez Doktoranta temat rozprawy dotyczy istotnych i aktualnych z naukowego i technicznego punktu widzenia problemów w obszarze mechanicznym.

Doktorant wykazał się znajomością literatury przedmiotu i umiejętnościami prowadzenia badań naukowych, a uzyskane efekty mają znaczenie poznawcze i aplikacyjne. Zrealizował proces badawczy przy zastosowaniu matematycznych metod planowania eksperymentów. Uzyskane wyniki szczegółowo przedstawił na licznych wykresach, jak również przedstawił model matematyczny. Przygotowanie kompozycji smarowych, wykonanie badań tribologicznych oraz reologicznych potwierdzają umiejętność prowadzenia prac naukowych

przez Doktoranta. Rezultaty badań pozwalają na stwierdzenie, że problem naukowy został rozwiązany w sposób oryginalny.

W związku z powyższym rozprawa mgr inż. Grzegorza Wszelaczyńskiego pt. „*Wpływ nanocząstek węgla na właściwości tribologiczne kompozycji smarowych*”, spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2017 r., poz.1789 z późn. zm.).

Rozprawa stanowi podstawę do dopuszczenia do publicznej obrony mgr. inż. Grzegorza Wszelaczyńskiego oraz nadania stopnia naukowego doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn (inżynieria mechaniczna).

Przemysław Tytuski