

dr hab. inż. Andrzej Kotnarowski
ul. Długojowska 120
26-400 Radom

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgra inż. Jarosława Zepchły
pt. „Analiza zużycia ściernego kompozytów podłogowych”

1. Podstawa formalna recenzji

Recenzja rozprawy doktorskiej mgra inż. Jarosława Zepchły pod tytułem „Analiza zużycia ściernego kompozytów podłogowych” została opracowana na prośbę Prorektora ds. Rozwoju Kadry i Współpracy z Zagranicą Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu, prof. dr hab. Sławomira Bukowskiego, wyrażoną w piśmie PK-042/10/40-2/st.dr-r/19 z dnia 8 marca 2019 r.

2. Trafność wyboru problemu badawczego podjętego w rozprawie

Oceniana rozprawa dotyczy obszaru tribologii, czyli nauki o tarcia, a w szczególności problematyki badania trwałości eksploatacyjnej obiektów technicznych, podlegających procesom zużywania tribologicznego, której kryterium może być np. odporność na zużywanie ściernie, analizowana w niniejszej pracy. Tribologia, jako nauka zajmująca się zjawiskami zachodzącymi między powierzchniami trącymi elementów maszyn i urządzeń, stanowi specyficzną ze względu na swoją multidyscyplinarność gałąź nauk technicznych, które (wg internetowej wersji Encyklopedii PWN) badają zjawiska i ustalają prawidłowości zachodzące w świecie wytworów i procesów powstałych w wyniku działalności człowieka w zakresie techniki. W obszarze tribologii do wyjaśniania procesów tarcia i zużywania oraz towarzyszących im zjawisk wykorzystywane są zarówno nauki z dziedziny nauk ścisłych i przyrodniczych, jak nauki chemiczne i fizyczne a także biologiczne, jak i z dziedziny nauk inżynierjno-technicznych: inżynieria biomedyczna, inżynieria chemiczna, inżynieria materiałowa, inżynieria mechaniczna. Tarcie, którym zajmuje się tribologia, jest zjawiskiem występującym powszechnie w przyrodzie i technice, objawiającym się w dwóch przeciwstawnych rolach – pozytywnej (np. w hamulcach i sprzęgłach) i negatywnej (np. w łożyskowaniach). Z racji powszechności tarcia wszelkie działania związane z jego racjonalizacją miały i mają globalnie duże znaczenie ekonomiczne, co zaczęto uświadamiać sobie w sferach naukowych, przemysłowych i rządowych od końca lat 60 ubiegłego stulecia, dzięki publikacji tzw. Raportu Josta, zamówionego przez brytyjskie Ministerstwo Edukacji i Nauki. Od tamtego czasu zaczął się rozwijać i utrwalać pozytywny trend minimalizacji

oporów tarcia we wszystkich możliwych aspektach działalności technicznej, w który wpisuje się również aktywność mgr inż. Jarosława Zepchły, omówiona w recenzowanej rozprawie doktorskiej. Zajął się On zarówno doбором materiału podłogowego, przewidzianego do wytwarzania podłóg samochodowych skrzyń ładunkowych, cechującego się największą odpornością na zużywanie ścierne, jak i opracowaniem najefektywniejszej metody badania tej cechy materiałowej oraz – co najcenniejsze – skonstruowaniem i wykonaniem prototypu odpowiedniego urządzenia badawczego, umożliwiającego wykonywanie badań przyspieszonych odporności materiałów na zużywanie ścierne.

Badania przyspieszone stosowane są w przypadkach, gdy nie jest możliwe wykonywanie długotrwałych na ogół badań eksploatacyjnych ze względu na ich koszty lub niemożność odniesienia ich wyników do zmienionego kontekstu technicznego lub technologicznego w następstwie nieustannie przyspieszającego rozwoju techniki.

W przyspieszonych badaniach laboratoryjnych charakterystyk trwałościowych, przeprowadzanych w aspekcie odporności na zużywanie ścierne, podstawowym kryterium uzyskania wiarygodnych wyników jest zapewnienie niezmienności warunków tarcia w okresie całego cyklu badawczego. Niestety, znane urządzenia wykorzystywane w badaniach zużywania ściernego elementów skojarzeń tarciovych nie spełniają tego kryterium w zadowalającym zakresie. Dzieje się tak, ponieważ powierzchnia tarcia narzędzi stosowanych do wywoływania zużycia w badanych próbkach materiałów, zmienia w trakcie badania swoją charakterystykę. W opracowanym przez siebie urządzeniu badawczym Doktorant usunął tę niedogodność.

Z powyższych powodów uważam wybór problemów badawczych podjętych w rozprawie za trafny, tym bardziej, że potrzeba wytwarzania i badania materiałów odpornych na ścieranie nie ogranicza się tylko do podłóg skrzyń ładunkowych pojazdów, lecz również do wielu innych zastosowań technicznych. Należy także jeszcze raz podkreślić możliwość zastąpienia długotrwałych badań eksploatacyjnych badaniami przyspieszonymi, wykonywanymi za pomocą nowo opracowanego urządzenia. Dlatego też jestem zdania, że problematyka rozprawy mgr inż. Jarosława Zepchły jest o wiele szersza, niż sugeruje jej tytuł.

3. Charakterystyka rozprawy

3.1. Struktura rozprawy

Rozprawa składa się z 4 podstawowych rozdziałów (poprzedzonych spisem krótkim spisem ważniejszych oznaczeń i półtorastronicowym wprowadzeniem) oraz z ponumerowanych tak jak rozdziały krótkich punktów zawierających: podsumowanie i wnioski końcowe (5), możliwe kierunki dalszych prac badawczych (6), bibliografię (7) oraz streszczenia po polsku i po angielsku (8 i 9), zawartych na 100 stronach. Na kolejnych 24 stronach zawarte są – jako

załączniki – tabele z wynikami badań (10). W Rozdziale 1. (Analiza stanu wiedzy) Autor przedstawił skrótowo: analizę badawczych skojarzeń ciernych, stosowanych w testerach tribologicznych (1.1), rodzaje tarcia w zależności od stosowanego kryterium podziału (1.2), skład i budowę kompozytów polimerowych (1.3), procesy zużywania tribologicznego (1.4) niefortunnie nazwanego zużyciem tribologicznym (które jest skutkiem zużywania), odporność na zużywanie (1.5) oraz lakoniczne podsumowanie stanu wiedzy (1.6). Cel pracy oraz jej zakres i sposób realizacji zostały omówione w rozdziale 2. o objętości jednej strony. Rozdział 3. opisuje obiekty badań oraz sposób ich wykonania, uwzględniający cztery charakteryzujące je parametry: fazę ciągłą, rodzaj zbrojenie i liczbę jego warstw a także udział procentowy napełniacza (niestety nie podano jaki – masowy, czy objętościowy). Ponadto w rozdziale tym zostały przedstawione, wykorzystane przez Autora, metody badań: tarciovych, wytrzymałościowych, udarności i mikrotwardości wraz z poszczególnymi urządzeniami badawczymi i metodyką badań. W dwóch ostatnich podpunktach rozdziału Autor omówił, zastosowany przez siebie, sposób statystycznej oceny wyników badań oraz metodę oceny wpływu elementów składowych kompozytu na jego właściwości. W rozdziale 4. zawarto wyniki badań, w formie tabelaryzowanej i graficznej, ukazujące wpływ czterech zmieniających się elementów składowych materiału kompozytowego na jego charakterystyki. Dokonano także oceny powierzchni badanych próbek kompozytów i przeciwpróbki – taśmy ścierniej, przedstawiając ich fotografie.

Zastosowaną przez Autora strukturę pracy można uznać za poprawną, czyli mieszczącą się w modelu typowym dla rozpraw z obszaru nauk technicznych.

W dalszym ciągu zostaną przedstawione uwagi krytyczne o charakterze przykładowym, zaś inne uwagi naniesiono w tekście rozprawy.

3.2. Uwagi krytyczne do edytorskiego opracowania rozprawy

- 1) odnośniki w tekście do pozycji literaturowych nie zawsze są uszeregowane w kolejności rosnącej, a niektóre pozycje w ogóle nie są cytowane: 1, 5, 45 oraz wszystkie od 65. Ponadto bibliografia zawiera pozycje zbyt stare, które nie są dziełami fundamentalnymi, np.: 9 z 1978 r., 17 z 1970 r., 24 z 1973 r., 32 z 1982 r., 57 z 1935 r., 58 z 1960 r., 59 z 1962 r. czy 79 z 1954 r.;
- 2) brak kropek po numerach rozdziałów oraz po ostatniej cyfrze numerów podrozdziałów;
- 3) nagminny brak spacji przed nawiasem kwadratowym z numerem pozycji literaturowej;
- 4) Autor miewa problemy ze składnią formułowanych zdań, czego jednym z przykładów jest zdanie rozpoczynające 2. akapit na stronie 16: „Powierzchnie styku tarciovego pokryte są warstwami zaadsorbowanymi składnikami środka

smarowego i/lub produktami reakcji tribochemicznych.” Prawdopodobnie chodziło o zaadsorbowane warstewki składników środka smarowego;

- 5) w pracy zamiast spójników stosowane bywają przecinki, co utrudnia śledzenie wyводу. Na przykład w ostatnim zdaniu pierwszego akapitu na str. 16, mającym postać: „Istotną rolę odgrywają fizykochemiczne właściwości środka smarowego, parametry współpracujących powierzchni w skojarzeniu ciernym”, w którym zamiast przecinka powinien być użyty spójnik oraz. Ponadto druga część tego zdania współrzędnie złożonego łącznego powinna mieć postać: ...oraz parametry powierzchni, współpracujących w skojarzeniu ciernym. Należy dodać, że generalnie można zauważyć skłonność Autora do niewłaściwego stosowania przecinków oraz formułowania zdań, które w rzeczywistości nimi nie są, jak np.: „Maksymalizację odporności, poprzez odpowiedni dobór składników kompozytu”, gdzie nie ma podmiotu ani orzeczenia, natomiast występuje niepotrzebny przecinek. (przedostatnie zdanie na str. 7);
- 6) wyrazy używane są w niewłaściwych przypadkach, co można zauważyć np. w drugim zdaniu ostatniego akapitu na str. 14: „Trzecim ciałem nazywamy materię znajdującą się pomiędzy powierzchniami tarcia, takimi jak: cienka warstwa...”, w którym podkreślony wyraz powinien mieć formę: taką. Podobnie końcowa część następnego zdania: „..., ułatwia odprowadzanie ciepła, zanieczyszczenia oraz inne produkty zużycia, ze styku ciernego.” Powinna mieć formę: „..., ułatwia odprowadzanie ciepła, zanieczyszczeń oraz innych produktów zużycia ze styku ciernego.” W zdaniu tym nie jest również potrzebny przecinek;
- 7) Autor poza błędami gramatycznymi nie ustrzegł się błędów ortograficznych: „między-warstwowymi” zamiast międzywarstwowymi (str. 22), „Z pośród” zamiast Spośród oraz „szczepienia” zamiast sczepienia (str. 25), „kontem” zamiast kątem (str. 31)

Powyżej przytoczone niedociągnięcia językowe są w pracy dość częste i część z nich została zaznaczona w tekście,

3.3. Uwagi krytyczne do stosowanego w rozprawie słownictwa naukowo-technicznego

- 1) pisząc o odległościach pomiędzy cząsteczkami w gazach, Autor używa zamiennie słowa „cząstka” i „cząsteczka”, co jest oczywistym błędem (str.13). Pisze także: „kompozyty umocnione cząsteczkami” zamiast „cząstkami”, ponieważ cząsteczki są grupami atomów połączonymi wiązaniami chemicznymi;
- 2) zamiast prawidłowej nazwy „środek smarowy” stosowana jest nazwa „środek smarny” albo obie w sąsiednich zdaniach (str. 13, 15, 16);

- 3) podpis pod rys. 7 w części początkowej mówi o stanie smarowania w zależności od prędkości obrotowej czopa, natomiast w podpunktach: b, c i d jest mowa o liczbie obrotów, co przecież nie jest miarą prędkości obrotowej. Miarą prędkości obrotowej czopa może być np. liczba jego obrotów, przypadająca na jednostkę czasu. Ponadto w opisie zjawisk, zamieszczonym w akapicie bezpośrednio przed rysunkiem, nie uściślono, w którym miejscu zwiększa się (a nie „zostaje zwiększana”) grubość warstwy środka smarowego. W przedostatnim zdaniu tego akapitu powinno być (rysunek c i d);
- 4) w 2. zdaniu 2. akapitu na stronie 16, mającym postać: „Proces tarcia przebiega między zaabsorbowanymi warstwami.”, należało użyć słowa zaadsorbowanymi, a zamiast słowa „warstwami” lepiej było zastosować słowo warstewkami, celem podkreślenia ich niewielkiej grubości;
- 5) Autor zamiennie używa pojęć: zużycie i zużywanie, mimo że na str. 28 tłumaczy różnicę między nimi;
- 6) na str. 22 jest mowa o „skali Mosha” zamiast o skali Mohsa;
- 7) na str. 25 Autor pisze o „szczepieniach II rodzaju”, popełniając błąd ortograficzny (vide p. 3.2.6);
- 8) przykładem kumulacji błędów jest 3. zdanie 1. akapitu na str. 20: „Są odporne na wysokie temperatury (w atmosferze obojętnej dochodzące do 2500°C),...”. Temperatura jako wielkość fizyczna może występować tylko w liczbie pojedynczej. W liczbie mnogiej można pisać i mówić tylko o wartościach temperatury. Występująca w nawiasie „atmosfera obojętna” nie może „dochodzić do 2500°C” (nie mówiąc o tym, że nie może do niczego dochodzić), a w wyrazie „dochodzące” brakuje ostatniej litery, którą powinno być „j”. Prawidłowa forma omawianego zdania może być następująca: „Są odporne na wysokie wartości temperatury (w atmosferze obojętnej o wartości temperatury dochodzącej do 2500°C),...”. Podobna sytuacja występuje na stronie poprzedniej, gdzie w 4. akapicie od góry jest napisane: „...ustalonego zakresu temperatur użytkowania,...” zamiast: ...dopuszczalnego zakresu temperatury użytkowania,...;
- 9) na tej samej stronie, wyliczając warunki uzasadnionego stosowania proszku napisano górnolotnie w pierwszym podpunkcie: „posiada chemiczną obojętność” zamiast: jest chemicznie obojętny, a w drugim podpunkcie napisano: „posiada wysoką dyspersję cząstek” zamiast np.: zawiera wysoko zdyspergowane cząstki lub: zawiera cząstki o bardzo małych wymiarach (rzędu mikrometrów lub nanometrów);
- 10) również na tej stronie, trzy wiersze poniżej jest niepotrzebny przecinek a jeszcze dwa wiersze niżej napisano błędnie: „...proszki metali oraz ich tlenki,...” zamiast:

...proszki metali oraz ich tlenków,..., ponieważ nie ma czegoś takiego jak „tlenki proszków metali”, co wynikało z przytoczonego fragmentu.

3.4. Uwagi krytyczne do merytorycznej strony rozprawy

- 1) na str. 21 jest mowa o uogólnionym modelu kompozytu, składającego się wg słów Autora z „trzech elementów: fazy ciągłej, zbrojenia oraz warstwy pośredniej. W modelu tym polimer stanowi fazę ciągłą a napełniacz rozproszoną.” Daje się tu zauważyć całkowity brak spójności pomiędzy tymi dwoma kolejnymi zdaniami. W drugim zdaniu, wydającym się być rozwinięciem pierwszego, mowa jest tylko o fazie ciągłej, natomiast nie wspomina się o zbrojeniu i warstwie pośredniej, a za to pisze się o napełniaczu. Na podstawie omawianego tekstu czytelnik nie uzyskuje informacji o wspomnianym modelu. Proszę to wyjaśnić w odpowiedziach na pytania recenzenta; szczególnie interesujące jest wyjaśnienie na temat warstwy pośredniej (czym jest i jaką pełni rolę w kompozycie);
- 2) cele pracy zostały sformułowane poprawnie, jednak w niewłaściwej kolejności. Podstawowym celem naukowym jest, tak jak mówi tytuł rozprawy, „analiza zużycia ściernego kompozytów podłogowych”, celem wyboru ich optymalnego składu. Opracowanie i wykonanie testera tribologicznego jest natomiast również ważnym celem użytkowym;
- 3) we Wprowadzeniu na str. 6, w akapicie 3., Autor pisze: „Podłoga naczepy samochodowej narażona jest na specyficzne oddziaływania. Nie jest narażona na oddziaływanie ciągłe, cykliczne o ustalonej amplitudzie (intensywności).” I dalej do końca akapitu. Polemizując za zdaniem Autora należy jednak zauważyć, że podłoga, oprócz zużywania ściernego związanego z załadunkiem i rozładunkiem przewożonych przedmiotów, poddawana jest w trakcie jazdy długotrwałym, cyklicznym obciążeniami w postaci drgań (o amplitudzie i częstotliwości »ustalanych« przez warunki drogowe), generowanych przez nierówności drogi przejazdu, oraz przesunięć o wartości zależnej od sposobu zamocowania ładunku, wywołanych zmianami kierunku jazdy oraz zmianami prędkości jazdy. Można domniemywać, że wartość zużycia ściernego powstałego w wyniku tych przesunięć mogą znacząco przekraczać wartości zużycia ściernego, wynikającego z załadunku i rozładunku, zwłaszcza w przypadkach długich tras przewozu ładunku. Proszę zatem Autora o ustosunkowanie się do powyższych stwierdzeń w odpowiedziach na uwagi recenzenta, jak również o skomentowanie wpływu drgań ładunku na przebieg procesu zużywania o charakterze frettingu, wraz podaniem możliwych wartości zużycia;

- 4) akapit 2. od dołu na str. 31 mówi między innymi, że: „...utworzone z badanych materiałów elementy, w szczególności podłoga, są narażone na zużycie ściernie pochodzące nie tylko od przesuwania po niej przewożonego ładunku, ale również od wzajemnej współpracy z innymi elementami naczepy samochodowej, z którymi są połączone.” Nie wdając się w rozważania o poprawności formy przytoczonego fragmentu, proszę o wyjaśnienie w odpowiedziach na pytania recenzenta, o jakie „zużycie ściernie pochodzące nie tylko od przesuwania po niej przewożonego ładunku, ale również od wzajemnej współpracy z innymi elementami naczepy samochodowej, z którymi są połączone” chodzi.
- 5) W pracy przytoczono wyniki pomiarów pracy właściwej zużycia próbek kompozytów, jednak sposób jej obliczania ukryto w podrozdziale 3.3.1.2, zamiast go wyeksponować w osobnym podrozdziale wyższego rzędu. Ponadto zastosowane do obliczeń wzory podano w sposób mało komunikatywny, stosując między innymi nieodpowiedni znak mnożenia.

4. Wnioski końcowe

Merytoryczna zawartość rozprawy jest zgodna z tematem zaakceptowanym przez Radę Wydziału Mechanicznego Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu. Tematyka, którą zajął się Autor, jest ważna zarówno w aspekcie naukowym, ponieważ uzyskane wyniki badań poszerzają zasób wiedzy o procesach zużywania kompozytów z tworzyw sztucznych i ich badaniu, jak i w aspekcie użytkowym, ponieważ w efekcie jej realizacji został opracowany materiał odporny na zużywanie ściernie oraz zostało skonstruowane i zaprojektowane bardzo użyteczne urządzenie badawcze.

Rozprawa została opracowana w zasadzie poprawnie pod względem merytorycznym. Jej układ i podział treści pomiędzy poszczególnymi rozdziałami jest w miarę logiczny. Oceniając rozprawę oraz dorobek publikacyjny Autora można stwierdzić, że posiada On wystarczające przygotowanie do samodzielnego wykonywania pracy naukowej.

Rozprawa zawiera oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną Autora w uprawianej przez Niego dyscyplinie a także świadczy o Jego umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa mgr inż. Jarosława Zepchły spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące w tym zakresie przepisy ustawowe, zawarte w następujących aktach prawnych:

- Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789);

- Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2018 r. poz. 261);
- Ustawa z dnia 3 lipca 2018 r. – Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce – art. 179 ust. 1 (Dz. U. z 2018 poz. 1669).

Może w związku z tym stanowić podstawę do nadania jej Autorowi stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie eksploatacja i budowa maszyn.

Wnioskuje zatem o dopuszczenie mgra inż. Jarosław Zepchły do publicznej obrony Jego rozprawy.

Medusowski