



Zachodniopomorski
Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie

prof. dr hab. inż. Rafał Rakoczy
tel. 91 449 43 32
email: rrakoczy@zut.edu.pl

WYDZIAŁ TECHNOLOGII I INŻYNIERII CHEMICZNEJ

Szczecin, 29.01.2026 r.

Recenzja

**rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Kamila Korasiaka nt. „Funkcjonalizowane nanomateriały krzemionkowe i ich zastosowanie jako komponenty środków smarnych”
wykonanej pod kierunkiem naukowym
promotora Pani dr hab. inż. Katarzyny Szymańskiej, prof. Politechniki Śląskiej
i opiekuna dr inż. Juli Woch**

1. Podstawa wydania opinii

Podstawą wydania opinii o rozprawie doktorskiej Pana mgra inż. Kamila Korasiaka jest pismo od Pani prof. dr hab. inż. Agaty Jakóbiak-Kolon, Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Śląskiej, z dnia 15 października 2025 r. (przesyłkę z rozprawą doktorską otrzymałem w dniu 27.10.2025 r.).

Recenzowana rozprawa doktorska Pana mgra inż. Kamila Korasiaka została zrealizowana na Wydziale Chemicznym Politechniki Śląskiej pod kierunkiem Pani dr hab. inż. Katarzyny Szymańskiej, prof. PŚ oraz pod opieką Pani dr inż. Juli Woch. Praca doktorska powstała w ramach projektu realizowanego w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pn. „Doktorat wdrożeniowy „ (V edycja). Postępowanie w sprawie nadania stopnia doktora prowadzone jest w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria chemiczna.

2. Przedmiot, cel i zakres rozprawy

W ocenie przedłożonej do recenzji rozprawy doktorskiej wzięto pod uwagę oryginalność i nowatorski charakter zrealizowanych badań, zasadność podjęcia tematyki badawczej, metodykę badań, dobór użytych metod oraz technik badawczych, jak również interpretację uzyskanych wyników oraz ich dyskusję w odniesieniu do aktualnego stanu wiedzy.

Przedmiotem rozprawy doktorskiej są nanomateriały krzemionkowe poddane chemicznej funkcjonalizacji oraz możliwość ich zastosowania jako dodatków funkcjonalnych do środków smarnych. Głównym celem pracy było opracowanie stabilnych dyspersji nanocząstek krzemionki w olejach bazowych oraz ocena wpływu modyfikacji powierzchniowej tych nanomateriałów na właściwości tribologiczne otrzymanych układów. Autor sformułował tezę badawczą zakładającą możliwość otrzymania funkcjonalizowanych nanocząstek krzemionki, charakteryzujących się poprawą smarności, dobrą dyspersyjnością, stabilnością w czasie przechowywania oraz możliwością dostosowania ich właściwości do różnych baz olejowych.

Środki smarne są powszechnie stosowane w praktyce oraz rosnące wymagania związane z zaostreniem norm ekologicznych generuje potrzebę opracowania nowych formułacji środków smarowych, ze szczególnym uwzględnieniem dodatków funkcyjnych charakteryzujących się brakiem



www.wtich.zut.edu.pl

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej
al. Piastów 42, 71-065 Szczecin
tel.: 091 434 30 86, faks: 091 449 46 36, e-mail: wtich@zut.edu.pl



Zachodniopomorski
Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie

WYDZIAŁ TECHNOLOGII I INŻYNIERII CHEMICZNEJ

toksyczności, wydłużonym czasem stosowania czy optymalnymi kosztami związanymi z procesem produkcyjnym tych substancji.

Rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Kamila Korasiaka została ukierunkowana na rozwiązanie istotnego problemu badawczego z obszaru inżynierii materiałowej, inżynierii chemicznej i tribologii, dotyczącego możliwości wykorzystania funkcjonalizowanych nanomateriałów krzemionkowych jako aktywnych komponentów nowoczesnych środków smarnych. Głównym celem pracy było opracowanie nanomateriałów krzemionkowych o kontrolowanych właściwościach powierzchniowych oraz przeprowadzenie wieloaspektowej oceny ich przydatności w układach smarnych, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu modyfikacji chemicznej na efektywność redukcji tarcia i zużycia elementów współpracujących w warunkach tarcia technicznego. Autor postawił sobie za zadanie nie tylko uzyskanie nowej klasy materiałów funkcjonalnych, lecz także pogłębienie wiedzy na temat mechanizmów ich oddziaływania z powierzchniami trącymi, co nadaje pracy wyraźny wymiar poznawczo-aplikacyjny.

Zakres rozprawy obejmuje kompleksowe i logicznie uporządkowane badania, rozpoczynające się od syntezy nanomateriałów krzemionkowych oraz ich funkcjonalizacji z zastosowaniem odpowiednio dobranych związków modyfikujących. Działania te miały na celu uzyskanie materiałów o zróżnicowanych właściwościach powierzchniowych, umożliwiających ich efektywną dyspersję w bazach smarnych oraz stabilne funkcjonowanie w warunkach eksploatacyjnych. W dalszej części pracy przeprowadzono szczegółową charakterystykę fizykochemiczną otrzymanych nanomateriałów, obejmującą ocenę ich struktury, morfologii, składu oraz właściwości powierzchniowych, z wykorzystaniem nowoczesnych technik analitycznych powszechnie uznanych w badaniach nanomateriałów.

Istotnym elementem zakresu rozprawy są badania tribologiczne, w których funkcjonalizowane nanomateriały krzemionkowe zostały zastosowane jako dodatki do środków smarnych. Badania te umożliwiły ocenę wpływu rodzaju i stopnia funkcjonalizacji nanocząstek na parametry tarcia i zużycia, a także porównanie skuteczności opracowanych układów z układami referencyjnymi. Uzupełnieniem badań eksperymentalnych jest analiza mechanizmów odpowiedzialnych za obserwowane efekty tribologiczne, w tym roli nanocząstek w procesach tworzenia warstw granicznych i ochronnych na powierzchniach trących. Tak szeroko zakreślony zakres pracy pozwolił Autorowi na sformułowanie wniosków o charakterze ogólnym i aplikacyjnym, wskazujących na potencjalne kierunki praktycznego wykorzystania funkcjonalizowanych nanomateriałów krzemionkowych w technologii środków smarnych.

Autor pracy doktorskiej skupił się na możliwości zastosowania nanocząsteczek o morfologii innej, niż sferyczna oraz dobór odpowiednich podstawników do ich funkcjonalizacji, w celu poprawienia właściwości smarnych przy zachowaniu stabilności w układzie ze środkiem smarnym.

3. Aktualność i znaczenie podjętej tematyki

Tematyka rozprawy wpisuje się w aktualne i istotne kierunki badań prowadzonych w obszarze tribologii, inżynierii materiałowej oraz technologii środków smarnych. Dynamiczny rozwój nowoczesnych układów mechanicznych oraz rosnące wymagania dotyczące ich trwałości, niezawodności i efektywności energetycznej powodują intensywne poszukiwania nowych dodatków funkcjonalnych do środków smarnych. Nanocząstki krzemionki, ze względu na swoją stabilność



www.wtlich.zut.edu.pl

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej
al. Piastów 42, 71-065 Szczecin
tel.: 091 434 30 86, faks: 091 449 46 36, e-mail: wtlich@zut.edu.pl



Zachodniopomorski
Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie

WYDZIAŁ TECHNOLOGII I INŻYNIERII CHEMICZNEJ

chemiczną, odporność termiczną oraz szerokie możliwości modyfikacji powierzchniowej, stanowią obiecującą grupę materiałów w tym zakresie. Autor trafnie odnosi swoje badania do współczesnych wyzwań technologicznych, w tym do zagadnień związanych z odpornością formułacji smarnych na ekstremalne warunki eksploatacyjne, takie jak wysoka temperatura czy oddziaływanie promieniowania jonizującego. Należy zaznaczyć, że doktorant na podstawie danych literaturowych wytypowano nanocząstki krzemionki, które posłużą do sporządzania dyspersji z olejami z grupy polialfaolefin. Wytypowano cząstki o sferycznej morfologii (otrzymane metodą płomieniową i metodą żol-żel) i krzemionkę SBA-15 (o wrzecionowatej morfologii). Wybrane nanocząstki krzemionki poddano procesom jedno- i dwuetapowej funkcjonalizacji oraz poddano analizie (FT-IR; SEM/TEM). Ponadto wykorzystano „metodę mokrą” w celu funkcjonalizacji nanocząstek krzemionki strukturami imidazoliowymi cieczy jonowych z czterema różnymi anionami.

Pan mgr inż. Kamil Korasiak wykonał również we współpracy z Europejskim Centrum Badań Jądrowych (CERN) prace badawcze polegające na ocenie wpływu promieniowania gamma na wybrane próbki funkcjonalizowanych nanocząstek krzemionki oraz sporządzonych środków smarnych. W części niejawnej rozprawy zaprezentowano możliwości zastosowania dodatku z wybranym olejem silnikowym, smarem i olejem emulgującym.

4. Ocena metodyki badań

Metodyka badań została zaplanowana w sposób spójny i konsekwentny, a dobór zastosowanych technik badawczych należy uznać za adekwatny do sformułowanych celów pracy. Autor przeprowadził syntezę nanocząstek krzemionki o zróżnicowanej morfologii, zastosował jedno- i dwuetapowe procesy funkcjonalizacji oraz wykorzystał szeroki zestaw metod charakteryzacji fizykochemicznej i strukturalnej. Szczególnie istotnym elementem pracy jest porównanie dwóch sposobów funkcjonalizacji i wprowadzania nanocząstek do bazy olejowej, określanych jako metoda „sucha” i „mokra”. Wykazano jednoznacznie, że metoda „mokra” umożliwia otrzymanie stabilnych dyspersji nanocząstek w olejach bazowych bez konieczności stosowania dodatkowych, energochłonnych operacji jednostkowych. Rozwiązanie to należy uznać za istotne z punktu widzenia potencjalnych zastosowań przemysłowych.

Do opracowania i analizy wyników badań tribologicznych zastosowano metody statystyki matematycznej, umożliwiające obiektywną ocenę wpływu zastosowanych dodatków smarnych na intensywność zużycia. Podstawowym parametrem ilościowym poddanym analizie była średnia szerokość śladu zużycia, wyznaczana dla poszczególnych układów badawczych i odnoszona do wartości uzyskanych dla próby referencyjnej. W celu weryfikacji istotności statystycznej różnic pomiędzy analizowanymi grupami zastosowano analizę wariancji (ANOVA), która pozwala na porównanie wartości średnich uzyskanych w wielu niezależnych grupach badawczych oraz ocenę, czy obserwowane różnice mają charakter losowy, czy wynikają z działania czynnika eksperymentalnego (należy zwrócić uwagę, że autor zastosował ANOVA, jednak raportowanie $n/SD/CI$ /testów post-hoc jest niewystarczające).

Analiza wariancji została przeprowadzona przy założeniu niezależności obserwacji, normalności rozkładu analizowanych zmiennych oraz jednorodności wariancji, co stanowi standardowe warunki stosowania tej metody w badaniach inżynierskich. Uzyskane wyniki analizy statystycznej umożliwiły jednoznaczną ocenę wpływu rodzaju zastosowanego dodatku nanomateriałowego na parametry





Zachodniopomorski
Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie

WYDZIAŁ TECHNOLOGII I INŻYNIERII CHEMICZNEJ

zużycia, stanowiąc podstawę do dalszej interpretacji rezultatów w kontekście mechanizmów tribologicznych zachodzących w badanych układach smarnych.

5. Oryginalność i wkład naukowy

Rozprawa zawiera elementy oryginalnego wkładu naukowego, przede wszystkim o charakterze aplikacyjnym i technologicznym. Do najważniejszych osiągnięć autora należy zaliczyć wykazanie wpływu sposobu funkcjonalizacji oraz kształtu nanocząstek krzemionki na właściwości tribologiczne dyspersji olejowych, a także zaproponowanie technologicznie uzasadnionej metody ich wprowadzania do baz olejowych. Autor w sposób rzetelny odnosi uzyskane wyniki do danych literaturowych, nie unikając wskazywania rozbieżności ani ograniczeń prowadzonych badań. Takie podejście świadczy o dojrzałości naukowej oraz umiejętności krytycznej analizy własnych rezultatów badawczych. Szczególnie cennym elementem rozprawy doktorskiej jest część wdrożeniowa, która przedstawia potencjalne możliwości zastosowania opracowanych środków smarnych.

Należy również wspomnieć o dorobku naukowym Pana mgr inż. Kamila Korasiaka. W dysertacji wykazano, że Doktorant jest współautorem 7 prac naukowych opublikowanych w czasopiśmie z listy ministerialnej (3 bezpośrednio związanych z tematyką pracy doktorskiej) oraz 21 zgłoszeń patentowych (2 związanych z pracą dokorską). Pan Doktorant swoje wyniki prezentował na konferencjach naukowych i czynnie uczestniczył w realizacji projektów badawczych finansowanych ze źródeł zewnętrznych.

6. Ocena strony formalnej i redakcyjnej

Rozprawa została przygotowana w sposób staranny i czytelny. Układ pracy jest logiczny, a poszczególne rozdziały pozostają ze sobą spójne zarówno pod względem formalnym, jak i merytorycznym. Część literaturowa jest obszerna i świadczy o bardzo dobrej znajomości aktualnego stanu wiedzy. Rysunki, tabele i wykresy są czytelne oraz właściwie opisane. Należy jednak zauważyć, że objętość pracy jest znaczna, a część opisów metodycznych mogłaby zostać skrócona lub przeniesiona do materiałów uzupełniających. Sądzę również, że rozdział związany z przedstawieniem metodyki badawczej powinien zostać umieszczony przed częścią związaną z opisaniem i omówieniem uzyskanych wyników.

Poniżej przedstawiam główne uwagi związane ze stroną formalną i redakcyjną:

1. Autor powinien stosować poprawny zapis jednostek i wartości, np.: „5% mas.”; „650°C”.
2. W podpisach rysunków i nagłówkach tabel na końcu zdania nie powinno się używać kropek.
3. W tabelach zastosowano różną wielkość czcionki.
4. W pracy powinno stosować się jednostki unormowane układem SI.
5. Zwracam uwagę również na błędy stylistyczne i pewne sformułowania, które stosowane potocznie (np.: „Zgodnie z tzw. intuicją (...)”; „stosowane są jako zagęszczacze/modyfikatory reologii”).
6. Brak wyjaśnień na „rysunkach złożonych” poszczególnych elementów (np.: rys. 4).
7. Powinno stosować się pojęcie „częstość obrotów/częstość obrotowa” a nie „prędkość obrotowa”.

Uwagi te mają jednak charakter redakcyjny i nie wpływają na ocenę wartości naukowej rozprawy.



www.wtlich.zut.edu.pl

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej
al. Piastów 42, 71-065 Szczecin
tel.: 091 434 30 86, faks: 091 449 46 36, e-mail: wtlich@zut.edu.pl



Zachodniopomorski
Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie

WYDZIAŁ TECHNOLOGII I INŻYNIERII CHEMICZNEJ

7. Uwagi krytyczne i zagadnienia do dyskusji podczas obrony

Pewnym ograniczeniem rozprawy jest brak pogłębionej analizy mechanizmu oddziaływania funkcjonalizowanych nanocząstek krzemionki w warstwie granicznej węzła tarcia, co mogłoby dodatkowo wzmocnić interpretację uzyskanych wyników tribologicznych oraz ich przełożenie na warunki eksploatacyjne. W pracy nie przedstawiono również ilościowej oceny stopnia aglomeracji cząstek w dyspersjach olejowych ani poszerzonej analizy statystycznej zmienności wyników (w tym liczby powtórzeń, miar rozrzutu i oceny istotności różnic). Zagadnienia te stanowią jednak naturalny kierunek dalszych badań i nie podważają zasadniczej wartości merytorycznej rozprawy.

Z perspektywy doktoratu wdrożeniowego zasadne byłoby ponadto, aby podczas publicznej obrony Autor odniósł się do:

1. Ograniczeń proponowanej metody funkcjonalizacji w kontekście wymagań przemysłowych (powtarzalność jakości, kontrola parametrów krytycznych, bezpieczeństwo i BHP).
2. Możliwości skalowania procesu (od skali laboratoryjnej do pilotażowej i produkcyjnej) oraz opłacalności procesu.
3. Kompatybilności z typowymi pakietami dodatków stosowanymi w formułacjach przemysłowych oraz porównania z rozwiązaniami alternatywnymi wykorzystywanymi w praktyce (zarówno pod względem efektywności tribologicznej, jak i kosztów oraz dostępności surowców).

Ponadto uprzejmie proszę o wyjaśnienie następujących kwestii, które nasunęły się po lekturze rozprawy doktorskiej:

1. Autor wskazuje, że stężenie nanocząstek w badanych dyspersjach ustalono na poziomie 0,5% (m/m). Czy badano również inne stężenia (np. w ramach eksperymentów wstępnych lub optymalizacyjnych)? Jeżeli tak, proszę o krótkie przedstawienie przesłanek wyboru 0,5% oraz wpływu stężenia na stabilność dyspersji, właściwości reologiczne i parametry tribologiczne.
2. W jaki sposób zdefiniowano i wyznaczano „średnią średnicę śladu zużycia” w badaniach przeciwozużyciowych? Proszę o doprecyzowanie: liczby punktów pomiarowych, kierunków pomiaru, metody uśredniania, niepewności pomiaru oraz ewentualnych kryteriów odrzucania wartości odstających.
3. Proszę o wskazanie, w jaki sposób przeprowadzono analizę statystyczną wyników (dla poszczególnych dyspersji i warunków testowych), w szczególności: liczby powtórzeń, zastosowanych miar tendencji centralnej i rozrzutu, testów istotności oraz przyjętego poziomu istotności.

8. Wniosek końcowy

Reasumując, rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Kamila Korasiaka stanowi samodzielne, rzetelnie zaplanowane i poprawnie przeprowadzone opracowanie naukowe, wpisujące się w aktualne kierunki badań w obszarze tribologii, inżynierii materiałowej i inżynierii chemicznej. Praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668 z późniejszymi zmianami). W związku z powyższym wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Śląskiej o dopuszczenie Pana mgr. inż. Kamila Korasiaka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



www.wtlich.zut.edu.pl

Dokument
podpisany przez
prof. dr hab. inż.
Rafał
Rakoczy-Dziekan
WTICh ZUT w
Szczecinie
Data: 2026.01.29
09:31:19 CET

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej
al. Piastów 42, 71-065 Szczecin
tel.: 091 434 30 86, faks: 091 449 46 36, e-mail: wtlich@zut.edu.pl

