

dr hab. inż. Anna Janicka, prof. uczelni
Politechnika Wrocławska
Wydział Mechaniczny
Katedra Inżynierii Pojazdów
ul. Wyb. Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

Wrocław, 04 stycznia 2023 r.

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr. Rafała Zawisza pt.
*„OPRACOWANIE METODY PRZETWARZANIA ZUŻYTYCH KATALIZATORÓW SAMOCHODOWYCH
W KIERUNKU POZYSKANIA Z NICH MATERIAŁU O WŁAŚCIWOŚCIACH SORPCYJNYCH”*

Podstawa opracowania opinii: pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej nr RDIMa.512.9.2023 RM dnia 31.10.2023 roku.

1. WSTĘP

Rozwój cywilizacji w ostatnich latach determinują trzy zasadnicze obszary: możliwość pozyskania surowców pozwalających na rozwój technologii i produktów, możliwość wytworzenia taniej energii w sposób jak najmniej inwazyjny dla środowiska oraz zagospodarowanie odpadów pochodzących z działalności człowieka. Pozyskiwanie energii i surowców z odpadów to jedynie słuszny kierunek w celu opracowania skutecznych metod ograniczania szkodliwego wpływu działalności człowieka na środowisko. Ten problem dotyczy także sektora rozwijającego się szczególnie dynamicznie jakim jest motoryzacja. Pojazd samochodowy wycofany z eksploatacji jest źródłem wielu cennych pierwiastków i materiałów, które mogą stanowić wartościowy surowiec procesowy. Dotyczy to szczególnie reaktorów katalitycznych. Mimo licznych badań prowadzonych na przestrzeni ostatnich dekad istnieje wiele nierozpoznanych obszarów w zakresie efektywnych metod recyklingu tych właśnie układów i skupiają się one przede wszystkim na odzysku metali z grupy platynowców.

Autor niniejszej rozprawy, wychodząc naprzeciw aktualnym problemom zrównoważonego rozwoju motoryzacji, podjął interesujący naukowo temat jakim jest opracowanie metody przetwarzania zużytych katalizatorów samochodowych w kierunku pozyskania z nich materiału o właściwościach sorpcyjnych. Zastosowanie nowoczesnych narzędzi badawczych i analitycznych, jak również wnikliwe studium literaturowe, umożliwiło Autorowi pracy rozwiązanie postawionego sobie problemu naukowego i badawczego.

2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY

Recenzowana rozprawa doktorska liczy 197 stron. Zawiera spis treści, streszczenie w języku polskim i angielskim, pięć rozdziałów merytorycznych oraz spis literatury.

We wprowadzeniu Autor ogólnie scharakteryzował problematykę związaną z recyklingiem reaktorów katalitycznych (nazwanych w pracy „katalizatorami samochodowymi”).

W pierwszym rozdziale, który stanowi około 1/3 objętości pracy, Autor zawarł przegląd literaturowy w którym skupił się na definicji katalizatora, podziale konwerterów katalitycznych oraz ich morfologii. Opisał również proces dezaktywacji katalizatora („starzenie konwertera katalitycznego”). Następnie Autor przedstawił uwarunkowania gospodarcze (rynkowe) i legislacyjne, które wpływają na opłacalność recyklingu układów katalitycznych stosowanych w motoryzacji. W dalszej części rozdziału pierwszego zawarł opis stosowanych metod recyklingu reaktorów katalitycznych. Ostatnią część rozdziału poświęcił opisowi potencjału aplikacyjnego wysokoenergetycznego młyna elektromagnetycznego oraz gospodarce o obiegu zamkniętym w obszarze olejów transformatorowych. Nie znając dalszej części pracy ciężko czytelnikowi powiązać ostatni podrozdział (1.8) z zagadnieniami przedstawionymi wcześniej – budzi to pewną konsternację. Brakuje choćby krótkiego wstępu wiążącego merytorycznie przedstawione zagadnienia.

Po przeprowadzeniu rozpoznania literatury w rozdziale drugim przedstawiono cel, problem badawczy i zakres pracy. Autor poprzedził sformułowanie celu pracy podsumowaniem luk badawczych oraz wnioskami z poprzedniego rozdziału. Następnie zdefiniował hipotezę badawczą: „(...) **młyn elektromagnetyczny może stanowić skuteczne narzędzie na potrzeby aktywacji powierzchniowej kordierytu**” oraz tezę „**przetwarzanie w młynie elektromagnetycznym, przy odpowiednim doborze warunków realizacji procesu i parametrów pracy młyna, umożliwi przekształcenie kordierytu do postaci aktywnego sorpcyjnie złoża**”. Następnie przedstawiono zakres pracy, którego realizacja miała na celu udowodnienie postawionej tezy rozprawy doktorskiej. Pod koniec rozdziału opisano efekty realizacji rozprawy oraz przedstawiono informację o wnioskach aplikacyjnych oraz zgłoszeniu patentowym (pewne wątpliwości budzi cel umieszczenia tych, z pewnością istotnych, informacji w tym rozdziale a nie w podsumowaniu pracy).

Kolejne rozdziały pracy stanowią jej najistotniejszą część: opis części eksperymentalnej (rozdział 3), analiza i dyskusja wyników (rozdział 4) oraz podsumowanie i wnioski (rozdział 5).

Część eksperymentalną pracy rozpoczyna spis odczynników (3.1. Materiały i odczynniki). Zdecydowanie brakuje jakiegokolwiek wprowadzenia do części

eksperymentalnej oraz planu eksperymentu lub chociażby planu badań. W kolejnym podrozdziale (3.2.) przedstawiono metody analiz fizykochemicznych badanych materiałów pochodzących

z odpadowego reaktora katalitycznego. W rozdziale 3.3. przedstawiono metodę badawczą, którą opisano z podziałem na poszczególne etapy: chemiczna obróbka próbki odpadowego materiału katalitycznego (3.3.1.), fizykochemiczna aktywacja materiału kordierytowego (3.3.2.), testy skuteczności sorpcyjnej materiału kordierytowego na potrzeby regeneracji przepracowanego oleju transformatorowego (3.3.3.) oraz oznaczenia parametrów użytkowych próbek oleju transformatorowego (3.3.4.). We wszystkich podrozdziałach rozdziału trzeciego przedstawiono procedury przeprowadzonych analiz oraz przebieg eksperymentu.

Kluczowym dla pracy rozdziałem jest rozdział czwarty w którym Autor zaprezentował wyniki pracy oraz wykonał wnikliwą ich dyskusję oraz ocenę rezultatów eksperymentu.

W podrozdziale 4.1 (4.1.1.) opisana została procedura przygotowania materiału katalitycznego do dalszych eksperymentów, następnie opisane zostały testy aktywacyjne (4.2), testy zdolności sorpcyjnych (w trzech etapach – rozdział 4.3), wyniki analiz fizykochemicznych aktywowanego złoża (4.4) oraz analiza zmian powierzchni właściwej w czasie dla badanych próbek (rozdział 4.5).

Ostatnią część pracy stanowi rozdział piąty w którym Doktorant przedstawił podsumowanie pracy oraz wnioski wynikające z realizacji pracy badawczej. W rozdziale tym zawarto schemat (rys. 56) na którym przedstawiono etapy prac badawczych zrealizowanych w ramach rozprawy doktorskiej. Wnioski przedstawiono w sposób opisowy (jest to bardziej forma podsumowania) w odniesieniu do poszczególnych etapów realizacji pracy. Hipotezę pracy potwierdzono na podstawie wyników badań zrealizowanych w ramach etapu III (wg. Schematu z rysunku 56). Pracę kończy podsumowanie przedstawiające korzyści zaproponowanej metody jako „efektywnego i przyjaznego dla środowiska” zagospodarowania odpadowego kordierytu oraz omówienie jej w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym.

Na końcu pracy znajduje się spis literatury obejmujący 254 pozycje literaturowe z których większość stanowią artykuły z czasopism recenzowanych opublikowane w ostatnich latach. Fakt, że większość odwołań stanowią prace anglojęzyczne opublikowane w recenzowanych czasopismach oraz referaty przedstawiane na wiodących międzynarodowych konferencjach naukowo-technicznych z zakresu tematyki niniejszej rozprawy, świadczy o bardzo dobrym rozeznaniu Autora w podjętym przez niego obszarze badań naukowych.

3. SFORMUŁOWANIE TYTUŁU, HIPOTEZY, TEZY ORAZ ZAKRESU ROZPRAWY

Po zapoznaniu się z treścią pracy tytuł rozprawy oceniam jako adekwatny co do jej zawartości. W rozprawie znajduje się bowiem wykonana przez Autora, stanowiąca moim zdaniem największą wartość pracy, analiza eksperymentalna, której celem jest opracowanie metody przetwarzania zużytych katalizatorów samochodowych w kierunku pozyskania z nich materiałów sorpcyjnych.

Autor w rozdziale pierwszym (studium teoretycznym) wykazał jednoznacznie potrzebę prowadzenia prac badawczych w kierunku opracowania metod kompleksowego recyklingu reaktorów katalitycznych, który dotychczas koncentrował się praktycznie wyłącznie na odzysku metali z grupy platynowców a zatem udowodnił lukę badawczą, którą wypełnił poprzez zrealizowanie badań przedstawionych w ramach rozprawy doktorskiej.

W rozdziale „Cel i zakres pracy badawczej” nie zdefiniowano celu pracy (ani głównego, ani szczegółowych, czy też co często spotykanych w dysertacjach: celów naukowych i utylitarnych) lecz tezę oraz hipotezę, co nie do końca odpowiada nazwie rozdziału. W pracy sformułowano hipotezę, że młyn elektromagnetyczny może stanowić skuteczne narzędzie na potrzeby aktywacji powierzchniowej kordierytu oraz tezę, że przetwarzanie w nim kordierytu (przy odpowiednim doborze warunków i parametrów) umożliwi przekształcenie tego materiału do aktywnego sorpcyjnie złoża. Tezę udowodniono w trzecim z pięciu etapów realizacji rozprawy (co słusznie zostało zauważone przez Autora w rozdziale piątym „Podsumowanie i wnioski ogólne”).

Praca została podzielona na pięć zasadniczych etapów. Ocenę struktury dysertacji znacznie ułatwia schemat znajdujący się na rysunku 56 (rozdział piąty). W mojej opinii schemat taki powinien znaleźć się jednak w rozdziale drugim, co uczyniło by pracę znacznie bardziej czytelną.

Podsumowując ocenę w tym obszarze stwierdzam, że autor bardzo dobrze wykazał lukę badawczą oraz potrzebę realizacji pracy naukowej, która będzie stanowić jej uzupełnienie. Trafnie zdefiniował również tytuł rozprawy doktorskiej. Niedosyt budzi jednak brak zdefiniowania celów naukowych i utylitarnych pracy lub rozbudowania tez i hipotez pracy, które objęłyby pełen zakres merytoryczny przedstawiony w dysertacji.

4. MERYTORYCZNA OCENA PRACY

Oceniając merytoryczny wymiar pracy, według recenzenta, mocną stroną rozprawy stanowi przeprowadzenie prac eksperymentalnych z wykorzystaniem najnowszych urządzeń

(w tym młyna elektromagnetycznego) oraz metod analitycznych w celu rozwiązania aktualnego i istotnego problemu badawczego (opracowania metody recyklingu kordierytu pochodzącego z konwerterów katalitycznych).

Największą wartością pracy, moim zdaniem, stanowią oryginalne wyniki badań w kierunku doboru parametrów aktywacji materiału pochodzącego z odzysku oraz zdolności sorpcyjnych tego materiału. Na szczególnie pozytywną ocenę zasługuje niezwykle skrupulatny opis procedur oraz analiz jak i dyskusja uzyskanych wyników. Świadczy o wiedzy i umiejętnościach Doktoranta w zakresie merytorycznej oceny wyników badań eksperymentalnych.

Istotną zaletą pracy jest również jej charakter aplikacyjny i możliwości wdrożenia jej rezultatów. Autor wielokrotnie w pracy podkreśla znaczenie gospodarki o obiegu zamkniętym oraz konieczność zagospodarowania każdej frakcji odpadów. Problem jest szczególnie istotny w kontekście dyrektywy Komisji Europejskiej dotyczącej pojazdów wycofanych z eksploatacji (2000/53/EC) oraz krajowej Ustawy z dnia 20 stycznia 2005 r. o recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji wymuszającej na podmiotach odpowiedzialnych za recykling pojazdów udoskonalania metod zwiększających poziom odzysku w tej grupie odpadów. Co więcej, Autor pracy podejmuje inny, bardzo istotny problem dotyczący regeneracji olejów transformatorowych przy wykorzystaniu nowego rodzaju sorbentu (złoża opracowanego przez siebie). O wartości użytkowej pracy stanowią również patenty w tym P.440877: „Sposób wytwarzania materiału aktywnego adsorpcyjnie w zakresie regeneracji olejów, zwłaszcza olejów transformatorowych”.

Według wiedzy recenzenta jest to pierwsze tak kompleksowe opracowanie w obszarze możliwości wykorzystania nośników czynnika aktywnego z samochodowych konwerterów katalitycznych, który z pewnością stanowi znaczący wkład Autora w rozwój dyscypliny Inżynieria Materiałowa, w szczególności w obszarze zagospodarowania materiałów pozyskanych z pojazdów wycofanych z eksploatacji.

Niewątpliwą zaletą pracy jest również obszerny przegląd wiedzy (jak wspomniano w punkcie 2 recenzji, 254 pozycji literaturowych) z czego znaczną część stanowią artykuły w języku angielskim opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych (szkoda tylko, że wśród pozycji literaturowych nie znajduje się żaden artykuł własny Autora pracy, choć z dołączonego do pracy dorobku Doktoranta wynika, że takie pozycje są dostępne).

Do pozostałych, istotnych, zalet pracy z pewnością mogę zaliczyć:

1. Opracowanie autorskiej metodyki badawczej na potrzeby rozwiązania postawionego sobie problemu mającego na celu określenie:
 - Sposobu odzysku kordierytu z konwertera katalitycznego
 - Sposobu aktywacji kordierytu w młynie elektromagnetycznym
 - Oceny skuteczności złoża sorpcyjnego w regeneracji zużytego oleju transformatorowego (testy zdolności sorpcyjnych)
 - Oceny zmian powierzchni właściwej w czasie dla próbek kordierytu przetwarzanych w młynie elektromagnetycznym.
2. Wykonanie szeregu analiz fizykochemicznych w obszarze możliwego do odzyskania nośnika katalizatora z reaktora typu TWC
3. Opracowanie modeli matematycznych opisujących zmianę powierzchni właściwej kordierytu w czasie pod wpływem zmiany rozmiaru i kształtu ziaren próbki
4. Opracowanie autorskiej metody przetwarzania zużytych reaktorów katalitycznych w kierunku pozyskania z nich materiałów sorpcyjnych do regeneracji zużytych olejów (na przykładzie oleju transformatorowego)

Rozprawa nie jest jednak pozbawiona wad. Tu chciałbym wymienić niektóre z nich:

1. Brak planu eksperymentu lub jasno przedstawionego planu badań
2. Brak komentarza potwierdzającego uniwersalność autorskiej metody przetwarzania reaktorów katalitycznych (innych niż TWC) w kierunku pozyskania materiału sorpcyjnego do regeneracji olejów innych niż oleje transformatorowe (lub do innych procesów, w których istotne jest zjawisko sorpcji)
3. Przedstawiony w rozdziale 4.5 modele matematyczne ma niewielkie znaczenie aplikacyjne, ponieważ eksperyment przeprowadzono dla jednego rozkładu średnic. Model miałby istotne znaczenie, gdyby na jego podstawie można było określić w jaki sposób przygotować materiał jako sorbent dla konkretnego zastosowania aplikacyjnego.
4. Brak logicznego połączenia treści pomiędzy rozdziałami, który wprowadzałby czytelnika pracy w kolejne zagadnienia np. w części teoretycznej pracy (rozdział 1) brak jest jakiegokolwiek powiązania recyklingu reaktorów katalitycznych z regeneracją oleju transformatorowego - od rozdziału 1.1. do rozdziału 1.7. przedstawione są informacje o budowie i funkcjach reaktorów katalitycznych, metod ich recyklingu (w tym możliwości zastosowania młyna elektromagnetycznego), co wydaje się być jak najbardziej powiązane z tematem pracy, a w rozdziale 1.8. pojawia się nagle informacja o obiegu zamkniętym w gospodarce olejem transformatorowym. Dopiero czytając dalsze części pracy czytelnik może się zorientować, że regeneracja oleju transformatorowego jest istotna dla Autora w kontekście zastosowania materiału

sorpcyjnego. Brakuje również jakiegokolwiek wprowadzenia do części eksperymentalnej, która zaczyna się od spisu odczynników (przy czym jest to oddzielny rozdział).

5. Niektóre parametry metod analitycznych są dobrane (założone) w niejasny i niewyjaśniony nigdzie sposób np. dobór punktów czasowych (jak np. w przypadku czasów aktywacji kordierytu) czy dobór stężenia odczynników chemicznych (jak np. 10% kwas szczawiowy w metodzie aktywacji na mokro – dlaczego akurat takie stężenie?).
6. Brak analizy wpływu błędów zastosowanych metod analitycznych na wyniki pomiarów.
7. W pracy zauważono dużo powtórzeń treści (np. rozdziały 1.5. i 3.1.).
8. Mimo sugestii, którą zawierają tytuły rozdziałów „2. CEL I ZAKRES PRACY BADAWCZEJ” oraz „5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI OGÓLNE” nie znajdują się tam wskazane elementy tj. w rozdziale drugim brak jest celu (czy celów pracy) a w rozdziale piątym brak jest wniosków ogólnych (są za to wnioski szczegółowe dla każdego z etapów).
9. Brak planu eksperymentu oraz fakt, że schemat przedstawiający etapy pracy znajduje się praktycznie na jej samym końcu (rys.56, strona 172) utrudnia znacząco „poruszanie się” po dość skomplikowanej części eksperymentalnej pracy.
10. Brakuje spisu oznaczeń, skrótów i symboli oraz (ewentualnie) podstawowych definicji
11. Reaktor katalityczny (konwerter) jest URZĄDZENIEM TECHNICZNYM, autor od samego początku (w tym w samym tytule pracy), mając na myśli urządzenie posługuje się pojęciem „katalizator”. Wyjaśnia to co prawda we wprowadzeniu nie mniej budzi to u recenzenta duże kontrowersje. Pojęcie katalizator jest bowiem jednoznacznie zdefiniowane i usystematyzowane w dyscyplinach takich jak nauki chemiczne, inżynieria chemiczna oraz inżynieria materiałowa jako substancja obniżająca energię aktywacji reakcji (w dużym uproszczeniu). Reaktor czy konwerter katalityczny, jest pojęciem poprawnym i powinien być, zdaniem recenzenta, używany w odniesieniu do urządzenia będącego elementem systemu (układu pojazdu) i służącym do utleniania (bądź redukcji) substancji toksycznych zawartych w spalinach silnikowych.
12. Poprawna nazwa „silnika dieslowskiego” to silnik o zapłonie samoczynnym.
13. Wyniki badań byłyby czytelniejsze, gdyby przedstawić je na wykresach a nie tabelarycznie.
14. Na niektórych wykresach brakuje jednostek (np. rys. 50 i 55).
15. Na niektórych rysunkach jak np. rys.25, rys.26 i (przede wszystkim) rys.27 tekst jest

w języku angielskim a napisy są nieczytelne (zbyt mała czcionka, słaba jakość grafiki).

16. Przy wzorze (1) na str. 91 brakuje jednostki.

W związku z nasuwającymi się pytaniami i wątpliwościami po zapoznaniu się z treścią pracy proszę Autora pracy o ustosunkowanie się do następujących:

1. Zużycie oleju nie polega tylko na jego zanieczyszczeniu (jest to parametr pośredni w ocenie zużycia oleju) – dlaczego nie oznaczano choćby lepkości i gęstości oleju jako podstawowych wielkości determinujących jego przydatność po procesie regeneracji? Najwłaściwszym byłoby określenie wszystkich parametrów oleju objętych normą.
2. Doświadczenie wskazuje, że zastosowanie ziemi Fullera daje zbliżone (a nawet lepsze) wyniki – jak wygląda porównanie bilansu ekonomicznego dla tych dwóch metod?
3. W tabeli 23 widać wyraźny rozrzut we frakcjach i średnicach ziaren z tendencją, że im mniejsza średnica ziaren tym lepsze są właściwości sorpcyjne. Z tabeli 24 wynika, że różnice w średnicach dochodzą do 300%. Czy nie należałoby przeprowadzić doświadczenia dla podobnego rozkładu ziaren?
4. Czy sprawdzano powtarzalność uzyskanych rozrzutów średnic dla różnych reaktorów katalitycznych? Ile zużytych reaktorów katalitycznych wykorzystano w eksperymencie (z rozdziału 3.1 – SPIS ODCZYNIKÓW wynika, że był to jeden reaktor trójfunkcyjny natomiast na początku rozdziału czwartego autor używa liczby mnogiej „katalizatory”)?
5. W modelu matematycznym, strona 157, przyjęto do modelu jako średnicę ekwiwalentną D_{ek} kulę wpisaną w sześcián - objętość kuli to około 50% sześciánu – jak fakt ten wpływa na model matematyczny?
6. Z jakiej zależności skorzystano na rysunku 51?
7. Str.162 dla jakich danych przyjęto stałą k ?
8. Dlaczego do aktywacji kordierytu w metodzie mokrej wybrano kwas szczawiowy a nie inny kwas organiczny i w jaki sposób dobrano jego stężenie?

9. Jak by wpłynęła na wyniki badań aktywacja kordierytu przez 200 czy 250 sekund? Dlaczego czas aktywacji ograniczono do 120 sekund? Z czego wynikają przyjęte założenia odnoszące się do czasu aktywacji?
10. Autor w swojej pracy nie przedstawił kierunków dalszych badań a pewnym jest, że praca ma charakter pionierski i otwiera pewien obszar badawczy pozostawiając jeszcze wiele zagadnień do rozwiązania. Jakie są zatem kierunki dalszych badań, które umożliwiłyby rozwój naukowy i aplikacyjny podjętego zagadnienia?
11. Skąd przyjęto współczynniki konwersji F1 i F2 na stronie 100 we wzorze (2)?

5. OCENA REDAKCYJNEJ STRONY ROZPRAWY

Praca napisana jest poprawnym językiem odpowiednim dla formułowania wypowiedzi pisemnej w pracach naukowych. Grafika umieszczona w pracy jest czytelna i stanowi w znacznej mierze opracowanie własne Autora rozprawy, tak jak tabele i schematy umieszczone w pracy.

Praca zredagowana jest starannie, zawarto w niej stosowne przypisy oraz odwołania do innych fragmentów tekstu co ułatwia czytelnikowi lekturę rozprawy. W pracy dostrzeżono pewne błędy językowe i sporo błędów redakcyjnych (np. rozdział zaczyna się na samym dole strony, krótkie tabele 19 i 20 są podzielona na dwie strony, tytuły rysunków czy tabel kończą się kropkami np. rys 46 czy Tabela 17). Błędy te nie umniejszają jednak w żaden sposób merytorycznej wartości dysertacji.

6. WNIOSEK KOŃCOWY

W wyniku analizy rozprawy doktorskiej Pana mgr. Rafała Zawisza pt. „Opracowanie metody przetwarzania zużytych katalizatorów samochodowych w kierunku pozyskania z nich materiału o właściwościach sorpcyjnych”, której promotorem jest dr hab. inż. Agnieszka Fornalczyk, prof. uczelni, mogę stwierdzić, że Autor:

- jako tematykę rozprawy doktorskiej wybrał ważne i aktualne zagadnienie w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa, istotne w szczególności z punktu widzenia zrównoważonego rozwoju pojazdów, recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji oraz gospodarki o obiegu zamkniętym,

- umiejętnie korzystając z posiadanych zasobów wiedzy m.in. z obszarów jakimi są budowa i eksploatacja reaktorów katalitycznych, technologie recyklingu oraz analityka chemiczna rozwiązał przedstawiony w pracy problem badawczy,
- przyjął szeroki i spójny zakres zagadnień rozpatrywanych w rozprawie,
- uzyskał oryginalne wyniki badań i analiz dotyczące opracowania metody recyklingu reaktorów katalitycznych w kierunku pozyskania wartościowego materiału sorpcyjnego do regeneracji przepracowanych olejów, które stanowią wartościowy materiał źródłowy dla przyszłych prac badawczych,
- dokonał poprawnego procesu wnioskowania w sposób krytyczny dyskutując uzyskane przez siebie wyniki i odnosząc je do dokonań innych badaczy.

Pomimo nieznacznych niedoskonałości dysertacji, kilku kwestii dyskusyjnych oraz pewnych uwag krytycznych pracę oceniam jako bardzo wartościową, przede wszystkim, ze względu na podjęcie przez Autora rozprawy aktualnego problemu badawczego, opracowanie autorskiej metody rozwiązania postawionego sobie problemu badawczego, zastosowanie w pracy nowoczesnych narzędzi badawczych oraz uzyskanie oryginalnych wyników badań eksperymentalnych. Pozwala mi to wyrazić opinię, iż **przedstawiona do oceny rozprawa, zgodnie z prawem określonym w ustawie z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 poz. 742) spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim przez obowiązujące przepisy prawne. Wniosuję zatem do Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Kandydata do publicznej obrony.**

