

dr hab. inż. Marek Jałbrzykowski, prof. PB
Politechnika Białostocka
Wydział Mechaniczny
Katedra Inżynierii Materiałowej i Produkcji

Białystok, dn. 23.05.2024 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Marcina Marczaka, pt: „**Optymalizacja własności eksploatacyjnych kompozytów na bazie terpolimeru EPDM napelnianych biokomponentami oraz funkcjonalizowanych nanostrukturalnymi dodatkami mineralnymi**”

Niniejsza recenzja została wykonana na wniosek Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej, która to Rada Uchwałą z dnia 20 lutego 2024, powołała mnie na recenzenta przedmiotowej pracy. O tym fakcie zostałem poinformowany stosowanym pismem nr RDJMa.RMT.512.22.2023 z dnia 20.02.2024 r.

1. Charakterystyka podjętego problemu

Obecnie jednym z głównych trendów, również w branży przetwórstwa tworzyw sztucznych i gumy, jest gospodarka obiegu zamkniętego (GOZ). Myśli tej (GOZ) nierozłącznie towarzyszą zasady 6R, które skupiają się na ogólnie rozumianym racjonalnym podejściu do wytwarzania, przetwarzania materiałów i surowców oraz na przemyślanej i zaplanowanej historii produkowanego i eksploatowanego wyrobu.

Trendy takie zmuszają producentów wyrobów z tworzyw sztucznych do starannego planowania produkcji, wykorzystywania w procesach materiałów odpadowych (często różnogatunkowych), czy też dotychczas niespotykanych składników (np. wypełniaczy organicznych najróżniejszego pochodzenia), poszukiwania zamienników materiałów uciążliwych, czy też składników kompozycji o niejasnej reputacji w sensie ich wpływu na zdrowie i życie człowieka, czy też stan środowiska naturalnego i przyrody. Doprowadziło to do swoistego wyścigu wśród producentów wyrobów z tworzyw sztucznych, a w wyniku tego pojawiły się na rynku propozycje różnorodnych kompozytów tworzywowych wzbogacanych, np. skorupkami z jajek, mielonymi pestkami z owoców, drobno mielonymi tekstyliami, łupinami z orzechów, łuską gryki czy cebuli, trawą, itp. Należy dodać, że obok opisanych trendów w zakresie gospodarki obiegu zamkniętego, drugim czynnikiem, który zmusza nas do refleksji nad zagadnieniami przetwórstwa tworzyw sztucznych jest fakt kończących się źródeł kopalnych (np. ropa naftowa, według różnych doniesień, za ok. 50 lat). Stan ten jeszcze bardziej ważnym czyni możliwość, a jednocześnie konieczność zwracania materiałów odpadowych, czy też działania zmierzające w kierunku lepszego wykorzystania surowców wtórnych i wypełniaczy na konto mniejszego zużycia materiałów pierwotnych. Oczywiście nie ma tu znaczenie kolejność w ważkości tych dwóch głównych czynników, które motywują zarówno świat naukowy, ale też przedsiębiorców do wyjścia naprzeciw opisywanym zasadom. Najważniejszą konkluzją jest to, iż za chwilę nie będziemy mieli innego wyjścia jak sprostać temu co będzie nieuniknione.

Należy dodać, że pomimo tego iż świat naukowy, ale i przemysł wdraża opisane zasady do życia to jednak finalnie spotyka się to z licznymi trudnościami. Jednym z problemów, na jakie się napotyka podczas przygotowywania nietypowych mieszanek kompozytowych jest polarność, w szczególności wybranych gatunków polimerów, która

sprawia, że prosta aplikacja wypełniaczy do bazy polimerowej przynosi niestety niekorzystne efekty w sensie ich właściwości użytkowych. Inaczej mówiąc często nie da się tak zwyczajnie zaaplikować wybranego napelnacza do bazy polimerowej, niezależnie od jego postaci i rodzaju, gdyż objawia się to pogorszeniem jego właściwości użytkowych, np. mechanicznych. Stan taki często jest rekompensowany tym, iż niekiedy interesują nas konkretne cechy materiału, a więc wytwarzanie materiałów dedykowanych do konkretnych zastosowań. Wówczas poszukuje się wpływu zastosowanego wypełniacza na konkretnie zdefiniowane warunki docelowego miejsca pracy. Można powiedzieć, że w tym sensie oraz zgodnie z założeniami inżynierii materiałowej poszukuje się materiałów funkcjonalnych, dla których inne cechy, np. właściwości mechaniczne są drugoplanowe. Ponadto w celu poprawy cech użytkowych wytwarzanych kompozytów dobiera się odpowiednie dodatki modyfikacyjne – kompatybilizatory, dzięki którym można tworzyć jakościowe materiały kompozytowe, których cechy są niemożliwe do osiągnięcia poprzez zwyczajne bezpośrednie zmieszanie składników bez udziału kompatybilizatora. Inaczej mówiąc dzięki takiemu podejściu stwarza się możliwość prawie nieograniczonego mieszania różnych baz polimerowych i innych składników kompozycji, w celu wytworzenia przydatnych technologicznie i jakościowych kompozytów.

W tym kontekście można zaznaczyć, że Doktorant w swojej pracy wykorzystał opisywane zagadnienia w celu stworzenie innowacyjnego materiału na bazie EPDM. Przedstawiona praca doktorska mgr inż. Marcina Marczała wpisuje się doskonale w naukowe działania zmierzające do znalezienia, na drodze eksperymentalnej wysokoefektywnych wypełniaczy do gumy EPDM, pozwalającej na maksymalizację parametrów jakości użytkowej przy zachowaniu racjonalności i efektywności produkcyjnej oraz zasad GOZ i 6R.

2. Ogólna charakterystyka pracy

Rozprawa doktorska mgr inż. Marcina Marczała została zredagowana na 252 stronach i składa się ze spisu treści, wykazu oznaczeń, skrótów i akronimów, skróconego opisu wytworzonych mieszanek gumowych EPDM, 7 rozdziałów, bibliografii, spisu rysunków i spisu tablic oraz streszczenia w języku polskim i angielskim.

We wstępie (w rozdziale pierwszym) Doktorant wprowadza Czytelnika w tematykę rozprawy.

Rozdział drugi pracy stanowi przegląd literatury dotyczący: gospodarki o obiegu zamkniętym, zagadnień recyklingu, podziału materiałów polimerowych oraz gumy i składników mieszanek gumowych. Doktorant dokonuje starannego opisu poruszanych aspektów.

W rozdziale trzecim Autor przedstawił uzasadnienie podjęcia badań przedstawionych w pracy oraz ich rozległy zakres, cele w tym naukowy i użytkowy/wdrożeniowy, hipotezy badawcze oraz tezę pracy.

W rozdziale czwartym zaprezentowane zostały surowce badawcze wykorzystane w trakcie badań oraz referencyjna mieszanka gumowa. Doktorant opisał metodykę przygotowania badawczych mieszanek kompozytowych, ze szczególnym naciskiem na proces mieszania oraz inne zabiegi pomocnicze. Opisana też została precyzyjnie metodyka badań oraz ich przebieg i wykorzystane stanowiska badawcze. Odniesiono się też do metodyki i sposobu interpretacji wyników pomiarów oraz metodyki oznaczania parametrów jakościowych wytworzonych mieszanek.

W rozdziale piątym Autor zaprezentował wyniki swoich badań: wizualną i kalorymetryczną ocenę wytworzonych mieszanek, wpływ napelnaczy i biododatków na właściwości reologiczne kompozytów, ocenę właściwości fizykochemicznych

i mechanicznych, wpływ kompresji na właściwości użytkowe oraz analizę spektralną, termiczną i strukturalną.

W rozdziale szóstym Doktorant zaprezentował podsumowanie wraz z dyskusją swoich wyników badań z wynikami innych autorów. W rozdziale siódmym wnioski końcowe.

W dalszej części Autor prezentuje spis bibliografii wykorzystanej w pracy.

Ostatnią część pracy stanowią spis rysunków i tablic występujących w pracy oraz streszczenie w języku polskim i angielskim.

3. Ocena pracy

Rozprawa doktorska mgr inż. Marcina Marczaka napisana jest poprawnym i zrozumiałym językiem. Pomimo sporej ilości drobnych uchybień edytorskich, od strony formalnej nie budzi większych zastrzeżeń. Należy uznać, że jest przejrzysta i przedstawia wartościowy wkład naukowy, uzupełniający wiedzę w obszarze inżynierii materiałowej.

W rozdziale pierwszym (Wprowadzenie) Autor definiuje wyroby gumowe, wskazuje na ich zapotrzebowanie i wykorzystanie w przemyśle i życiu codziennym, odnosi się do wielkości światowej produkcji i związanych z tym kosztów, zysków i strat, ostatecznie poruszając zagadnienia generowania odpadów gumowych i potrzeby ich racjonalnego zagospodarowania.

Następnie w rozdziale drugim Doktorant wprowadza Czytelnika w tematykę gospodarki obiegu zamkniętego oraz istotę wyrobów gumowych i ich możliwości przetwórczych, które doskonale nadają się do recyklingu, a dzięki odpowiednio zaplanowanemu programowi ich życia spełniają oczekiwania programu GOZ. Autor wyraźnie wskazuje, iż zdolności do ponownego wykorzystania odpadów gumowych mogą znacząco przyczynić się, m.in. do ochrony środowiska, zasobów naturalnych, redukcji wydzielania gazów cieplarnianych, czy przeciwdziałania zmianom klimatycznym. W rozdziale tym Doktorant wprowadza również Czytelnika w tematykę problemów przy wytwarzaniu kompozytów gumowych, szczególnie w kontekście wzbogacania ich w różnego rodzaju dodatki mineralne. Wspomina również o dodatkach pochodzenia roślinnego jako wypełniaczach, czy modyfikatorach do produkcji kompozytów gumowych.

W rozdziale trzecim (Cel i Zakres Pracy) Doktorant zapoznaje Czytelnika, z głównym sensem swojej pracy związanym z ambitnym planem zaprojektowania relacji „materiał-skład chemiczny-jakość produktu”, którego **Celem naukowym** było „...*opracowanie nowych materiałów kompozytowych na podstawie EDPM, napelnianych materiałami pochodzenia roślinnego oraz funkcjonalizowanych nanostrukturalnymi dodatkami mineralnymi...*” oraz „...*ocena wpływu wybranych dodatków stanowiących zamiennik obecnie stosowanego węgla wapnia na właściwości nowo opracowanych i wytworzonych kompozytów o podstawie EPDM...*”, a **celem praktycznym i wdrożeniowym** było „...*opracowanie nowych kompozytów, dobór ich parametrów wytwarzania, ocena możliwości przetwórczych, a także aplikacji zastosowanych rozwiązań ze skali laboratoryjnej do przemysłowej...*”. Zdaniem Doktoranta obok istoty powyższego ważnym jest, ażeby istniała możliwość ponownego wykorzystania nowo opracowanego kompozytu jako surowca wtórnego, w sytuacji kiedy skończy się jego pierwotna przydatność eksploatacyjna. Na podstawie analizy pracy można stwierdzić, że cel naukowy został osiągnięty, natomiast w odniesieniu do celu praktycznego/wdrożeniowego odczuwa się pewien niedosyt z uwagi na brak końcowych zaleceń co do parametrów wytwarzania najkorzystniejszych mieszanek.

Jak wspomniano, rozdział drugi pracy stanowi przegląd literatury, w którym Doktorant scharakteryzował gospodarkę o obiegu zamkniętym (rozd. 2.1). Następnie dokonał podziału materiałów polimerowych (rozd. 2.2), opisu składników mieszanek

gumowych (rozd. 2.3) źródła ich pochodzenia i ich udział w tworzeniu kompozycji gumowych, oraz kompozyty polimerowe (rozd. 2.4 – który w spisie literatury jest zapisany jako podrozdział 2.3.7.).

W mojej opinii rozdział 2.1.2. dotyczący recyklingu, a stanowiący udział w przeglądzie literatury zbyt silnie ukierunkowany jest na wyroby gumowe (przez co pominięte są inne polimery bez wskazania na fakt tych samych możliwości recyklingu) i związane z ich zwracaniem metody przetwórcze. Brak jest kompleksowego podejścia do zagadnień recyklingu z późniejszym przejściem w kierunkową tematykę pracy.

W rozdziale 2.2 (*Podział materiałów polimerowych*) Doktorant dokonał przedmiotowego podziału, jak wskazał uproszczonego, jednak wydaje się, że pominięty został jeden z najważniejszych, w sensie przetwórstwa i zastosowań przemysłowych, podział na amorficzne i częściowo-krystaliczne. Przedstawiony podział jest dość dyskusyjny, a brak odnośników literaturowych budzi zastrzeżenia. Ponadto w dalszej części tego rozdziału Doktorant dokonuje podziału termoplastów na amorficzne i częściowo-krystaliczne, tak jakby inne tworzywa nie podlegały temu podziałowi.

Autor w kolejnych podrozdziałach rozdziału 2.3 *Składniki mieszanki gumowej*, podejmuje tematykę komponentów wchodzących w skład kompozytów gumowych. Można stwierdzić, że sama tematyka została wyczerpana w stopniu zadowalającym, a autor posiada dużą techniczną wiedzę z tego zakresu. Jednocześnie prawdopodobnie typowo zawodowe podejście do tematyki pracy sprawia, że napotyka się w pracy na jednostki spoza układu SI. W niektórych przypadkach jest to uzasadnione z uwagi na brak odpowiedników w układzie SI, ale w innych przypadkach, w mojej opinii, jest to błędem. Powinno się stosować przelicznik na jednostki układu SI, tak ażeby każdy Czytelnik po zapoznaniu się z materiałem potrafił go jednoznacznie zrozumieć/zinterpretować. Należy też dodać, że autor w tym rozdziale dość obszernie podejmuje zagadnienie komponentów stosowanych do produkcji mieszanek gumowych, i robi to w stopniu zadowalającym, ale wydaje się że zbyt mało miejsca poświęca węglanowi wapnia, który jest głównym powodem podjętych przez niego działań w ramach niniejszej pracy. W szczególności chodzi o uzasadnienie dlaczego Doktorant proponuje zastąpić węglan wapnia innymi wypełniaczami i po co w ogóle pozbywać się go z kompozycji.

W rozdziale „3. Cel i Zakres Pracy” Doktorant przedstawia cel naukowy oraz cel praktyczny i wdrożeniowy pracy. Oba przedstawione cele są jasno i precyzyjnie sformułowane. Pod koniec tego rozdziału autor formułuje tezę: „Zastosowanie ekologicznych składników stanowiących wypełnienie nowo opracowanych kompozytów na bazie EPDM umożliwia optymalizację ich właściwości użytkowych oraz zapewnia możliwość recyklingu i ponownego wykorzystania po okresie eksploatacji zgodnie z założeniami gospodarki w obiegu zamkniętym.” Teza jest sformułowana jasno i wynika z niej wyraźnie na co Doktorant chce zwrócić uwagę Czytelnika. Ponadto w rozdziale tym zaprezentowany jest schemat badań zrealizowanych w ramach pracy (Rysunek 3.1). W mojej opinii schemat ten powinien się znaleźć w rozdziale 4 pracy „Badania Własne”.

W odniesieniu do postawionej tezy można zauważyć, że teza w pewnym sensie wskazuje na to, iż zastosowanie dodatków ekologicznych umożliwia optymalizację właściwości użytkowych nowo opracowanych kompozytów na bazie EPDM. Jest to zdanie nie do końca prawdziwe, albo co najmniej niejednoznaczne. Bo z powodzeniem można dokonać optymalizacji właściwości użytkowych, mieszanek EPDM, w wyniku dodawania innych znanych dodatków oraz poprzez dobór parametrów procesu przetwórstwa. Oczywiście optymalizacja ta będzie dopasowana do możliwości wynikających z cech mieszaniny i zawartej w niej komponentów (należy pamiętać, że optymalizacja z definicji jest to poszukiwanie pewnego ekstremum ze względu na wybraną cechę). Inaczej mówiąc zastosowanie jednego dodatku pozwoli zoptymalizować właściwości materiału, np.

wytrzymałość na rozciąganie, ale maksymalnie do wartości A, innego zaś do wartości B, itd. Ale w obu przypadkach dokonamy optymalizacji właściwości użytkowych ze względu na pracę z konkretną mieszaniną, przy czym uzyskamy zupełnie różne poziomy wartości ocenianych cech. Oznacza to, że ta część tezy powinna być bardziej doprecyzowana. Podobnie można się odnieść do drugiej części tezy, że: „... zastosowanie ekologicznych składników zapewnia możliwość recyklingu i ponownego wykorzystania po okresie eksploatacji ...”. Gdyby zdanie to traktować jako stwierdzające fakt, to dla Czytelnika oznacza ono właśnie tyle. Ale można to interpretować też, że jedynie dodatek ekologicznych składników umożliwia ich recykling, co jest stwierdzeniem nieprawdziwym.

Rozdział czwarty, stanowi bardzo szczegółowa charakterystyka surowców - materiału badawczego, metodyka wytwarzania materiałów w skali laboratoryjnej i przemysłowej oraz metody badań kompozytów polimerowych EPDM. Ogólnie można stwierdzić, że w rozdziale tym Doktorant przedstawia w bardzo szczegółowy sposób przygotowania materiałów badawczych oraz metodykę prowadzonych przez siebie badań, które można podzielić na:

- I – czynności związane z przygotowaniem surowców oraz wytwarzaniem materiałów kompozytowych,
- II – badania wstępne, pozwalające na ocenę możliwości przetwórczych kompozytów,
- III – badania właściwości użytkowych i strukturalnych kompozytów,
- IV – badania mikrobiologiczne.

W tym miejscu na podkreślenie zasługuje bardzo szczegółowe opisanie metodyki badań w każdym etapie, bazującej na najnowszych normach wykorzystywanych przez laboratorium Unirubber oraz laboratoria zewnętrzne gdzie prowadzone były badania. Doktorant bardzo szczegółowo opisuje i precyzyjnie wskazuje na wybór składników kompozycji zarówno w odniesieniu do osnowy jak i wypełniaczy w rozdziałach 4.1.1. do 4.1.7.

W rozdziale „4.2. Metodyka wytwarzania materiałów w skali laboratoryjnej i przemysłowej”, Autor opisuje skład i sposób wytworzenia wykorzystanych w pracy mieszanin/kompozycji. W mojej opinii rozdział „4.2.1 Mieszanka odniesienia” jest niefortunnie zatytułowany. W rozdziale tym autor opisuje zarówno mieszaniny referencyjne, jak i mieszaniny badawcze, tzn. będące przedmiotem głównych rozważań w pracy. Z tego powodu wydaje się, że korzystniej byłoby go zatytułować *Materiały użyte do badań*, co nie budziłoby żadnych wątpliwości.

Ponadto wyraża się przekonanie, że Doktorant w pracy przedstawił badania i wyniki zbyt wielu mieszanek, co utrudnia istotnie poszukiwanie głównych środków ciężkości, a jednocześnie rozmywa się główna idea pracy. Łącznie w pracy opisanych jest ok. 170 różnych mieszanek polimerowych. Ponadto w sensie ilości mieszanin rodzą się pytania: w jakim celu Doktorant poddaje badaniom np. 72 mieszanki z zastosowaniem HK (haloizytu kalcynowanego), a tylko jedną z zawartością włókien konopnych? Oczywistym jest, że w ramach pracy Doktorant wykonał szeroki eksperyment badawczy, jednak dla potwierdzenia swojej tezy i osiągnięcia celów pracy wystarczyło starannie przefiltrować materiał badawczy, lub posłużyć się planem eksperymentu, który w sposób logiczny pozwoliłby ograniczyć do minimum ilość badanych próbek. Jednocześnie pozwoliłoby to na merytoryczne i jednoznaczne wnioskowanie.

W odniesieniu do mieszanki referencyjnej – Tablica 4.9, Doktorant podaje jako bazę EPDM i LDPE – brak jest informacji jaki jest udział tych dwóch składników w ogólnym 20% udziale polimerowej osnowy? W rozdziale 4.2.2. brak jest odniesienia i opisu składu dla mieszanki z udziałem włókien konopnych. W dalszej części rozdziału 4.2 przedstawiono sposób przygotowania materiałów finalnych w skali laboratoryjnej i przemysłowej w laboratoriach oraz na liniach technologicznych firmy Unirubber.

Rozdział 4.3 to „*Metody badań wytworzonych kompozytów polimerowych EPDM*”. Zastanawiającym jest rozdział „*4.3.1. Badanie możliwości przetwórczych otrzymanych kompozytów*”. Po co Doktorant formułuje taki krótki rozdział, a jako podrozdziały tego rozdziału podaje konkretne metody badawcze wyrobów. W mojej opinii rozdział 4.3.1, a konkretnie jego zawartość, można było w ogóle pominąć w pracy, gdyż niczego ona nie wnosi.

W rozdziale 4.3.1.1. zamieszczono rys. 4.28, gdzie przedstawiony jest skan wykresu bez opisu osi. Z tekstu można wyczytać, że są to charakterystyki reologiczne?, co wydaje się być błędnie opisane. W rozdziale „*4.3.2.1. Ocena wizualna*”, brak jest zdefiniowania tej oceny – na czym ona polega, jakie jest kryterium oceny. Rozdział 4.3.4. analogicznie, jak 4.3.1. można było pominąć.

W rozdziale „*4.3.5. Trwałość kompozytu z materiałem organicznym w warunkach środowiskowych*”, napisane jest, że: „...*Od wyników trwałości kompozytów zależała dalsza agenda badawcza, której celem było wytworzenie bio komozytu EPDM*”. Dlaczego więc rozdział ten nie został umieszczony jako pierwszy w metodyce badań, tak żeby wynikała z niego wyraźnie dalsza część agendy badawczej. W mojej opinii rozdział ten jest poświęcony oddzielnym badaniom degradacji i podatności mikrobiologicznej i nie ma on przełożenia na agendę badawczą.

W rozdziale piątym Doktorant prezentuje rozległe wyniki swoich badań, przy czym: w rozdziałach 5.1 – 5.3 są to wyniki badań właściwości fizykochemicznych i reologicznych, w rozdziałach 5.4 – 5.7 wyniki badań właściwości mechanicznych, 5.8 – 5.11 wyniki badań strukturalnych, analiza mikroskopowa i termiczna. Wyniki swoich badań autor zaprezentował w postaci tabelarycznej jak i graficznej, ze szczegółową ich analizą. Większość wyników badań jest opatrzona bogatą dyskusją. Odczuwa się brak oddzielnego rozdziału w zakresie badań materiałów wytworzonych w skali przemysłowej (choć wyniki takie są prezentowane) i wyraźnej analizy porównawczej do innych materiałów przemysłowych. Potwierdzałoby to jednoznacznie jakość technologiczną zaprojektowanych mieszanin.

W rozdziale 5.4 *Ocena właściwości trybologicznych wytworzonych kompozytów*, Doktorant w pierwszej kolejności prezentuje wynik twardości, dopiero na kolejnych stronach tego rozdziału pojawiają się wyniki ścieralności kompozytów. W mojej opinii wyniki twardości powinny być zaprezentowane oddzielnie i w żadnym razie nie można ich prezentować jako wyników badań trybologicznych. Istnieje co prawda związek pomiędzy twardością materiału, a odpornością na intensywność zużywania ściernego, jednak z definicji trybologia jest nauką o tarceniu i procesach towarzyszących temu tarceniu. Zarówno w przypadku wyników pomiaru twardości, jak i wyników badań trybologicznych Autor nie komentuje dlaczego, jego zdaniem, uzyskano określone wartości tych cech. Prezentuje jedynie wartości pomiarów bez naprowadzenia, bądź wskazania dlaczego. Wydaje się to być niedopatrzeniem, gdyż w kolejnych rozdziałach, np. w rozdziale 5.5 *Właściwości wytrzymałościowe kompozytu EPDM*, takie komentarze są obecne.

W rozdziale 5.6 *Ocena trwałości kompozytu z materiałem organicznym w warunkach środowiskowych*, Doktorant prezentuje wyniki badań tylko dla jednego rodzaju kompozytu. Powstaje pytanie dlaczego, tylko dla jednego i dlaczego właśnie dla tego materiału. W mojej opinii wyniki te nic nie wnoszą, gdyż nie przedstawiają porównania do innych projektowanych kompozycji. Podobnie w przypadku podpunktu f) w rozdziale 5.6. Wydaje się on być zupełnie samotnym podpunktem w prowadzonych analizach. Przedstawione tam wyniki oczywiście dostarczają konkretnych informacji, ale tylko w przypadku jednego kompozytu, nawet bez odniesienia do produktów przemysłowych.

W odniesieniu do podrozdziału 5.7 dotyczącego kompresji wytworzonych kompozytów oraz jej wpływu na właściwości użytkowe ocenianych materiałów można powiedzieć, że prezentowane dane ciężko jest jednoznacznie porównać i zinterpretować. Dla

przykładu dyskusyjnym w tej interpretacji jest fakt, iż badane próbki cechują się zróżnicowaną zawartością napełniaczy (np. HK – 1,2% oraz 18,7%, WPC 10%, a DP 4), a dodatkowo Doktorant nie wyjaśnia z czego wynika taki stan. To samo dotyczy stopnia rozdrobnienia dodatków – wielkości ziarna. Między innymi z tego powodu trudno jest w takim zestawieniu porównywać cechy użytkowe materiałów. Możliwym jest też, że korzystne cechy będą odwrotnie proporcjonalne do ilości dodatków, ale takich analiz nie prowadzono. Ponadto badanie prowadzono przy 25% odkształceniu pierwotnym, co niestety skutkowało zupełnie inną siłą potrzebną do wywołania takiego odkształcenia dla każdego z badanych materiałów (mając na uwadze skład chemiczny), a to z kolei zupełnie inną wielkością naprężeń w materiale, i być może ten fakt wprowadza zróżnicowanie w wynikach. Ponadto brak jest ostatecznie wskazania, który z badanych materiałów cechuje się najkorzystniejszą odkształcalnością.

Rozdział 5.8 dotyczy obserwacji mikroskopowych powierzchni wytworzonych kompozytów. Doktorant przedstawia tam pełną dokumentację mikrofotograficzną w celu opisu stanu powierzchni. Dodatkowo prowadzi też analizę struktury wewnętrznej oraz analizę pierwiastkową badanych materiałów. Odnosi się do aspektów jednorodności struktur i dyspersyjności fazy rozpraszanej, adhezji bazy polimerowej do powierzchni napełniaczy. Wskazuje też na brak tej adhezji w pewnych szczególnych sytuacjach. Zwraca też uwagę na zróżnicowaną budowę, wykorzystanych do wytworzenia kompozytów, napełniaczy co potwierdza przykładami mikrofotografii.

W rozdziale 5.9 przedstawione są wyniki analizy FTIR badanych próbek. Rozdział ten to bogaty opis struktury analizowanych materiałów. Doktorant w sposób bardzo obszerny przedstawia interpretację uzyskanych wyników, co świadczy o dużej jego wiedzy w tym obszarze. Wyjaśnia też obecność wybranych sygnałów wynikającą z wzajemnych interakcji pomiędzy składnikami. Prowadzi obszernie wyjaśnienia graficznych interpretacji.

Przedostatnie rozdziały części badawczej 5.10 i 5.11 to analiza termogravimetryczna TG/DTG oraz analiza za pomocą skaningowej kalorymetrii różnicowej DSC. Doktorant opisuje tam ogólne stany z uzyskanych wykresów wskazując na etapy i stopnie degradacji materiałów oraz na różnice wynikające ze składu chemicznego badanych materiałów. Wydaje się, że podczas analizy DSC (s. 211) Doktorant pomylił swoje spostrzeżenia zaadresowane do rysunku 5.133 interpretując to jako wykres DSC. Na rysunku 5.133 przedstawiono termogram TG/DTG. Ponadto na wykresach z analizy DSC trudno dokładnie odczytać temperatury przemian, co jest pewnym utrudnieniem w czytelności danych. Można też ogólnie zauważyć, że wykresy z analiz DSC są trudne w czytaniu z uwagi na sposób ich przedstawienia (np. rysunek 5.137).

W rozdziale 6 przedstawiono syntetyczne podsumowanie pracy oraz zebrano wszystkie podsumowujące myśli z przeprowadzanych badań. Można dodać, że *Podsumowanie* jest najbardziej wartościowym rozdziałem w pracy, w sensie opisanych tam w skompensowanej postaci podsumowujących rozważań wynikających z prowadzonych badań. Rozdział 7 do wnioski końcowe, gdzie Doktorant potwierdza postawioną w pracy tezę wskazuje na wysoce zróżnicowane wyniki prowadzonych analiz oraz na konieczność prowadzenia dalszych badań. Zastanawiającym jest dlaczego we wnioskach nie ma wskazania na konkretną zalecaną recepturę nowoprojektowanej kompozycji EPDM, oraz parametrów jej wytwarzania.

Literatura wykorzystana w rozprawie (rozdział 7), składająca się ze 214 pozycji (w tym 164 zagranicznych autorów) jest wyczerpująca i odpowiada zagadnieniom poruszonym w pracy. Wśród pozycji literaturowych obok artykułów naukowych można znaleźć 15 dokumentów z czego 13 to normy, 1 zgłoszenie patentowe i 1 analiza rynkowa. Pozostałe pozycje to artykuły naukowe oraz pozycje książkowe. Spis literatury wyglądałby bardziej przejrzysto, gdyby Doktorant wyodrębnił z niego dodatkowo

spis norm i aktów prawnych. W spisie literatury pojawiają się również pewne niedoskonałości w postaci ich niealfabetycznego ustawienia. Ponadto pozycja literaturowa 173 jest zapisana bez podania jej autorów.

Ostatnim elementem pracy jest spis rysunków (rozdział 9), spis tablic (rozdział 10) oraz streszczenie w języku polskim i angielskim.

W mojej opinii na uwagę i podkreślenie w pracy zasługuje:

1. Obszerny cykl badawczy z udziałem znacznej liczby napelniaczy.
2. Opracowanie szczegółowej i wyczerpującej metodyki badań – zilustrowanej dodatkowo czytelnym schematem (rysunek 3.1) bazującej na najnowszych normach wykorzystywanych przez Laboratorium Unirubber oraz laboratoria zewnętrzne.
3. Opracowanie własnej koncepcji wytwarzania innowacyjnych kompozytów gumowych z przeznaczeniem na nawierzchnie sportowe.
4. Przedstawienie swoich praktycznych rekomendacji odnośnie wytwarzania kompozycji na bazie EPDM, które z pewnością będą przydatne dla ośrodków badawczych jak i przedsiębiorstw przemysłowych.
5. Potwierdzenie możliwości efektywnego wytwarzania i wdrożenia projektowanych mieszanek EPDM w skali przemysłowej.

4. Uwagi krytyczne oraz dyskusyjne

Analizując przedstawioną do recenzji pracę, zwróciłem uwagę, że zarówno w części teoretycznej jak i badawczej można dostrzec drobne błędy literowe, czy nieścisłości dotyczące badanych cech, co utrudnia zrozumienie, a czasem nawet zmienia sens formułowanych myśli. Równie dużo uwag mam w odniesieniu do błędów edytorskich i graficznych w pracy.

Poniżej zwracam uwagę na niektóre uchybienia oraz nieścisłości, które przedstawiam, w kolejności w jakiej występują w pracy:

Str. 6 – „*Skrócony Opis Wytworzonych Mieszanek Gumowych EPDM*” – trzeba się silnie skupiać, żeby policzyć ilość mieszanek użytych do badań oraz zidentyfikować ich dokładny skład chemiczny. Opis ten jest mało czytelny i męczący. Ponadto nie jest wiadomo czy zamieszczony schemat to tabela, czy rysunek.

Str. 8 – „*Wprowadzenie*” – pierwszy akapit tekstu na tej stronie bez żadnych odnośników literaturowych. W pozostałej części wprowadzenie oparto o dane z dwóch pozycji literaturowych [1] i [2].

Str. 19. *Tablica 2.2.* występują tam nazwy i skróty angielskojęzyczne. W tym przypadku wystarczyło odtworzyć tabelę samodzielnie i przedstawić dane po polsku. W pracy jest więcej tego typu zaniedbań.

Str. 20. *Podział Materiałów Polimerowych* – brak jest jednego z najważniejszych podziałów na polimery amorficzne i częściowo-krystaliczne.

Str. 28. *Rysunek 2.3.* - opisy osi i oznaczenia w języku angielskim. W prosty sposób można było przedstawić to po polsku.

Str. 32. *Rysunek 2.5.* – brak jest informacji na temat powiększenia przy jakim wykonano zdjęcie. Brak jest opisu myśli, co Doktorant chciał powiedzieć pokazując te fotografie.

Str. 38. *Rysunek 2.6.* - nieczytelne opisy zamieszczone na fotografiach.

Str. 48. Na końcu drugiego akapitu jest zapis: „.....dostosowanie się do wymagań proekologicznych i planowanie cyklu ich życia wg zasad 3R”. Mając na uwadze okres pisania pracy promowano już zasady 6R i to jest najnowszym trendem.

Str. 52. *Rysunek 4.3.* według Doktoranta prezentuje frakcje haloizytu. Zdjęcia prezentują zamknięte opakowania, w których może być cokolwiek.

Str. 53. *Rysunek 4.4.* przedstawia analizę sitową frakcji haloizytu kalcynowanego. Opisy na rysunkach są nieczytelne. Dotyczy to niestety większości wykresów i rysunków prezentowanych w rozprawie. Dlatego pomija się dalsze wymienianie tych samych błędów.

Str. 60. Doktorant porusza kwestię dodatków przeciwdrobnoustrojowych. Jako przykłady podaje, m.in.: imbir, kurkumę, chrzan, ditlenek tytanu. Pisze też, że działanie przeciwdrobnoustrojowe tych dodatków wykazano w tworzywach sztucznych, jednak nie podpira się żadnymi badaniami, ani literaturą.

Str. 65. Rozdział 4.2. „*Metodyka wytwarzania materialów w skali laboratoryjnej i przemysłowej*”. W rozdziale tym Doktorant przedstawił ogólny opis przygotowania ok. 170 kompozycji polimerowych użytych do badań. Powstaje pytanie:

1) z czego wynika chaos, czy brak powtarzalności w zaplanowanych recepturach próbek szczególnie w odniesieniu do rodzaju napełniacza?

2) dlaczego Doktorant nie przygotował żadnego planu eksperymentu, a przygotowane próbki oraz ich badania wskazują na zupełnie niezależne/rozdzielne testy badawcze które połączono w jedną całość?

Wykonanie badań według planu eksperymentu po pierwsze pozwoliłoby ograniczyć liczbę próbek do niezbędnego minimum, po drugie pozwoliłoby na pewne merytoryczne wnioskowanie.

3) jeżeli nie było możliwości przygotowania próbek dla tych samych stężeń i uziarnienia to po co prowadzić ich analizę porównawczą? Ponadto przygotowane receptury i zupełnie różne kryteria podziału próbek sprawiają istotny kłopot w interpretacji uzyskanych wyników.

- Str. 77. Ostatni akapit, ostatnie zdanie: „*Opisane charakterystyki reologiczne zaprezentowano na rysunku 4.28*”. Na rysunku 4.28 przedstawiono jedną ogólną krzywą wyjaśniającą następujące po sobie cykle pracy wulkametru. Nie ma tam żadnych charakterystyk reologicznych. Wykres bez opisu osi.

- Str. 81. Pierwszy akapit. Opis dotyczy oceny właściwości mechanicznych próbek. Doktorant stosuje swoje oznaczenia w zakresie cech mechanicznych materiałów, np. wytrzymałość na rozciąganie oznaczana jako R_m (ewentualnie σ_m), oznaczana jest jako TSb?. Można dodać, że takich „własnych” oznaczeń i skrótów w pracy jest więcej.

- Str. 83. Wzór na stratę objętości próbki ścieranej – wyjaśnienia zastosowanych symboli we wzorze nie do końca są jasne. Na podstawie przedstawionych opisów symboli nie da się policzyć straty objętości.

- Str. 86. Podrozdział 4.3.5. choć zawarty w rozdziale 4.3. dotyczącym metodyki badań opisuje specyficzne testy badawcze oraz ich wyniki dla mieszanek EPDM. Inaczej mówiąc w rozdziale metodyka badań wkomponowano wybrane wyniki badań, choć rozdział z wynikami badań stanowi dalszą część pracy. Jest to kolejny przykład na to, że praca składa się z pewnych przypadkowych etapów badawczych i analiz. W celu jej uporządkowania należałoby podrozdział ten rozbić na elementy składowe i poszczególne jego elementy umieścić w odpowiednio zaadresowanych miejscach. Ponadto brak jest informacji w tym rozdziale jaki rodzaj biokompozytu EPDM użyto do badań.

- Str. 91. *Rozdział 5. WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE*. W odniesieniu do tego rozdziału można mieć kilka uwag. Niektóre z nich powtarzają się w całym rozdziale, i ogólnie w pracy. Poniżej przedstawiam swoje uwagi w kolejności w jakiej zostały zauważone.

1. Nieczytelne rysunki, co utrudnia ich interpretację, a tym samym możliwość weryfikacji formułowanych przez Doktoranta myśli. Przykłady podawano wcześniej
2. Stosowanie branżowych jednostek miar, lub jednostek spoza układu SI. Zrozumiałym jest, że są pewne wielkości interpretowane tylko branżowo, ale w każdym innym przypadku Doktorant powinien stosować jednostki zgodne z obowiązującym układem jednostek miar - SI.

3. Strona 116, rozdział 5.3. *Ocena lepkości kinematycznej wytworzonych kompozytów*. Doktorant posługuje się jednostkami MU, kiedy jednostką lepkości kinematycznej jest – mm²/s. Ponadto lepkościomierz Mooney'a, który został użyty w badaniach służy do wyznaczania lepkości metodą Mooney'a, a sam pomiar nie ma nic wspólnego ze zdefiniowaną precyzyjnie lepkością kinematyczną. Oznacza to, że rozdział 5.3. został błędnie zatytułowany. Jak Doktorant to wytłumaczy? Może prościej i bardziej odpowiednio byłoby zatytułować rozdział: badanie właściwości reologicznych.....?
4. Prezentowane wyniki wskazują na różnice w ocenianych cechach. Doktorant odnosi się do tych faktów, wyjaśnia z czego to wynika. Jednak odczuwa się niedosyt w wyjaśnieniach tych różnic, a ostatecznie nie ma końcowej konkluzji w kierunku - co jest następstwem tego, że występują różnice pomiędzy wartościami ocenianych cech dla porównywanych materiałów. Dla przykładu na str. 91-99, przedstawiono wyniki badań wizualnej i kalorymetrycznej oceny wytworzonych kompozytów. Doktorant przedstawia wyniki oceny dla poszczególnych grup materiałów. Wskazuje, które próbki przeszły test pozytywnie, które negatywnie, a które warunkowo, ale ostatecznie nie ma żadnej konkluzji co z tego wynika. Czytając ten rozdział nie ma się zdania, co do zaleceń która grupa materiałów, albo który materiał z grupy jest najkorzystniejszym materiałem do zastosowań praktycznych z punktu widzenia tej analizy oraz z punktu widzenia Zakładowej Kontroli Jakości. Inaczej mówiąc Doktorant pozostawia tą konkluzję dla czytelnika jako samodzielny wybór. W takim razie po co to przedstawia i czego chciał dowiedzieć? Analogicznie wygląda sposób prezentowania i opisu wyników badań w innych podrozdziałach tego rozdziału.
5. Strona 123, rozdział „5.4. *Ocena właściwości trybologicznych wytworzonych kompozytów*”. W rozdziale tym jako pierwsze przedstawiono wyniki pomiarów twardości. Można jedynie nadmienić, że z definicji trybologia jest nauką o tarcii i procesach towarzyszących tarcii. Jako procesy towarzyszące można uznać, zużycie ściernie, procesy smarowania, trybochemię, ale z całą pewnością nie twardość. Wyniki pomiarów twardości powinny być umieszczone przy opisie badań właściwości mechanicznych. Wyraża się przekonanie, że Doktorant nie mając pomysłu przypadkowo i błędnie umieścił wyniki twardości w tym miejscu.
6. W odniesieniu do oceny właściwości tribologicznych można powiedzieć, że charakterystyki tribologiczne badanych materiałów powinny obejmować ocenę zużycia ściernego, ale też wartości współczynników tarcia. W pracy brak jest oceny wartości współczynników tarcia ocenianych skojarzeń w ogóle, dlaczego? Znane są prace (choćby prace autora recenzji), gdzie uzyskiwano duże zużycie ściernie przy minimalnych wartościach współczynnika tarcia i odwrotnie. Może się okazać, że w skojarzeniu tarciovym uzyskujemy duże wartości współczynników tarcia i minimalne zużycie i być może taka sytuacja byłaby najbardziej korzystna dla ocenianych skojarzeń. Duże tarcie o nawierzchnię płyty boiska (duża przyczepność), przy minimalnym jej zużywaniu.
7. Na stronie 134, zamieszczono rysunek 5.44. Dlaczego dane na rysunku zakończono na próbce z zawartością 35% produktów spalania biomasy leśnej. Doktorant czysto hipotetycznie założył, że większa zawartość biomasy będzie jedynie zwiększać ściernalność? Pewnie można tak domniemywać (mając na uwadze tendencje przedstawione na rysunku 5.44), ale trudno jest zapewnić bez wykonania badań, chyba że inne wyniki na to wskazują.
8. Na stronie 135, prezentowane są wyniki badań właściwości mechanicznych. Doktorant przedstawia jedynie wytrzymałość na zerwanie oraz wydłużenie przy zerwaniu. Dlaczego tylko te cechy są prezentowane. Dlaczego nie ma odniesienia do wytrzymałości na rozciąganie, albo modułu Younga? Uzupełnienie wyników o te dane

- znacznie wzbogaciłoby informacje na temat właściwości mechanicznych badanych materiałów. Dałoby to lepsze wnioskowanie o jakości oddziaływań w kierunku poprawy właściwości mechanicznych zawartych w kompozytach dodatków. Należy zauważyć, że sztywność/podatność mechaniczna materiału jest jedną z bardziej poszukiwanych informacji dla materiałów o tym przeznaczeniu. Ponadto należy też zwrócić uwagę, że Doktorant przy opisie tych wyników mówi o wytrzymałości materiałów w sensie ogólnym, a ocenia tylko wytrzymałość na zerwanie, dlaczego?
9. Na stronie 136, wers 7, jest zapis: "...Spadek TSb jest efektem tworzących się aglomeratów napelnacza... .."- skąd to wiadomo skoro nie ma na to potwierdzenia w obserwacjach mikroskopowych. Gdyby pod tymi wynikami zamieszczono zdjęcie z obserwacji mikroskopowych potwierdzające ten fakt, lub odwołano się do tych obserwacji, które opisano w późniejszym etapie, wówczas z powodzeniem można tak wnioskować. W przytoczonym przykładzie jest to wolny wniosek autora bez potwierdzenia. Być może spadek ten jest podyktowany po prostu mniejszą ilością bazy polimerowej przy jednorodnym zdyspergowaniu napelnacza i odpowiadają za to siły adhezji?
 10. Strona 146, rozdział „5.6. Ocena trwałości kompozytu z materiałem organicznym w warunkach środowiskowych”. Doktorant prezentuje tam wyniki badań mikrobiologicznych i innych dla wybranego kompozytu EPDM z dodatkiem organicznym. Trudno jest znaleźć informację z jakim dodatkiem organicznym przygotowano te próbki i dlaczego jedynie jeden rodzaj próbek poddano badaniom, a wnioski przekłada się na wszystkie kompozyty na bazie EPDM. Dlaczego badania te wykonano na początku cyklu badawczego, jak pisze Doktorant na str. 86 (podrozdział 4.3.5. akapit drugi), i jakie to miało znaczenie dla planowania dalszych badań? Wykonane badania są przykładem na zachowanie się wybranego materiału w środowisku drobnoustrojów oraz w środowisku naturalnym i nie pozwala to na wnioskowanie ogólne. Należy też zwrócić uwagę, że prezentowane w tym rozdziale metody badawcze i wyniki są niespójne z metodyką badań w pozostałej części pracy, dlaczego?
 11. Strona 161 rozdział 5.7, akapit pierwszy, wers 6, jest zapis: "Odkształcalność próbek odniesienia M00 kształtuje się na poziomie ok. 3,5% (3,83% dla próbki sporządzonej laboratoryjnie, 2,9% dla materiału przemysłowego).", a na końcu akapitu jest odwołanie do danych z tabeli 5.27. W tabeli tej nie znaleziono zapisanych danych, skąd wynikają wskazane dane? Ponadto inne dane zamieszczone w tekście tego akapitu również nie zgadzają się z danymi w tabeli 5.27. No i jak pisano wcześniej ostatecznie nie wiadomo jaka odkształcalność jest najbardziej korzystna. Czy jedynie odkształcalność dla materiału bazowego jest jedyną słuszną i najkorzystniejszą, czy może istnieją jakieś korzystniejsze wartości odkształcalności.
 12. Strona 163 rozdział 5.8. Zamieszczone w tym rozdziale zdjęcia mikroskopowe wykonane są dla różnych parametrów, np. różnych powiększeń. Z tego powodu trudno jest wnioskować o czymś kiedy wykonane fotografie ze zrozumiałych powodów ukazują zupełnie inne obrazy. Ponadto opisy na zdjęciach są mało czytelne, o czym pisano już wcześniej. Dlaczego doktorant pokazuje mikrofotografię wykonane przy różnych powiększeniach – sam ten fakt sprawia że na fotografiach widzimy zupełnie inne obrazy i skłania to do tendencyjnego, błędnego wnioskowania.
 13. Strona 180 rozdział „5.9. Analiza spektralnych pomiarów kompozytów w podczerwieni” Jaki jest cel prezentowania tego rozdziału w pracy, podobnie jak rozdziału 5.8. Doktorant w rozdziałach tych przedstawia informacje, że wyniki przeprowadzonych analiz wskazują, na określone zjawiska, czy procesy/przemiany, których identyfikacją i potwierdzeniem są uzyskane dane, albo że wyniki potwierdzają

obecność wprowadzonych tam dodatków. Oczywistym jest, że skoro dodatki te zostały tam wprowadzone i nie są to związki lotne to pozostają w strukturze. Po co więc te analizy? Przedstawione tam rozważania są jedynie potwierdzeniem na wprowadzenie określonych napelniczy do struktury kompozytu, co jest oczywiste. Oczekiwaloby się raczej informacji, które z wprowadzonych napelniczy są korzystniejsze w sensie właściwości użytkowych projektowanych materiałów, czy też opisu mechanizmów jakie rządzą tworzeniem się określonych struktur.

14. Strona 194 rozdział 5.10. Występują te same niedociągnięcia, o których pisano w przypadku rozdziałów 5.8 i 5.9. i tak jak w innych rozdziałach brak jest podsumowujących wniosków dla danych przedstawionych w tym rozdziale. Warto jest dodać, że rozdział ten to tekst i wyniki od str. 194 do 211, a po przeczytaniu tego rozdziału trudno jest wywnioskować, co Doktorant chciał udowodnić.
15. Strona 220. „Podsumowanie”. Jest to najbardziej wartościowy rozdział w pracy, w sensie skompensowanych informacji na temat wyników badań oraz wniosków z nich wynikających. W mojej opinii takie cząstkowe podsumowania powinny być zamieszczone na końcach poszczególnych etapów badawczych. Dzięki temu łatwiejsza byłaby analiza prowadzonych badań i ich wyników. Pomimo to w podsumowaniu wyczytano pewną niefortunną myśl, wers 23: „ *Niestety ograniczony budżet projektu, a w szczególności czas jego realizacji nie pozwoliły wykonać niektórych badań.....*”. Gdyby Doktorant przygotował plan eksperymentu, wszystko można by było wykonać, w porównywalnym czasie i przy zużyciu minimalnej, być może nawet mniejszej albo porównywalnej ilości materiału. Po to jest planowanie eksperymentu. Stąd tłumaczenie takie jest bezzasadne.
16. Str. 225. *Wnioski Końcowe*.
 - wniosek 3, wskazuje, że zaproponowane napelnicze można stosować w niewielkich ilościach. Co to znaczy niewielkich ilościach, jaka to wartość. Wniosek jest bezwartościowy, bo nie da się go wykorzystać ani w rzeczywistości laboratoryjnej, ani w przemysłowej. Ponadto w niewielkich ilościach to prawdopodobnie dowolny dodatek może być napelniczem dla tego typu kompozycji.
 - wniosek 4, takie same uwagi jak wyżej.
 - wniosek 6, Doktorant pisze, że: „*Należy rozważyć zastosowanie domieszki DP do np. mieszanki wypełnionej popiołem z nawierzchni sportowych. Takie kompozyty mogłyby być stosowane na nawierzchnie placów zabaw przeznaczonych szczególnie dla małych dzieci.*” Doktorant, nie zastanawia się nad możliwością uwalniania się popiołu z tych materiałów, co może być szczególnie niebezpieczne dla małych dzieci, a jednocześnie pisze o oddziaływaniu rakotwórczym, co dyskwalifikuje włókna konopne jako napelnicz, we wniosku 5. Można dodać, że w pracy w ogóle nie był poruszany temat uwalniania się, czy pylenia dodatków proszkowych jako potencjalne zjawisko ich dyskwalifikacji.
 - wniosek 8, jest potwierdzeniem braku konkretnego ostatecznego wnioskowania w zakresie prowadzonych prac.

4. Podsumowanie

Pomimo wszystkich zauważonych niedociągnięć oraz uwag o charakterze dyskusyjnym, Doktoranta oraz przedstawioną do recenzji rozprawę, oceniam jednoznacznie pozytywnie.

Mając na uwadze złożony charakter procesu technologicznego wytwarzania mieszanek gumowych, w którym wiele czynników może mieć znaczący wpływ na jego przebieg oraz jakość technologiczną i użytkową wytwarzanego wyrobu, co wymaga specjalnego indywidualnego podejścia inżynieryjno-materiałowo-technologicznego uznaję, że praca doktorska mgr inż. Marcina Mrocza wnosi oryginalny wkład naukowy, szczególnie istotny w obszarze techniki i technologii wytwarzania mieszanek gumowych. Uzyskane rezultaty mają wartości zarówno poznawcze jak i użytkowe, gdyż pozwoliły zarówno na wytypowanie optymalnej (najkorzystniejszej) receptury projektowanych mieszanek, zapewniających uzyskanie progów jakościowych wyrobu porównywalnych, a w niektórych przypadkach korzystniejszych w odniesieniu do mieszanki referencyjnej. Wykonane badania i ich obszerny opis pozwalają na lepsze zrozumienie i pogłębienie wiedzy z zakresu wpływu parametrów materiałowo-procesowo-technologicznych oraz oddziaływań badanych napelniczy na przebieg procesu formowania tych mieszanek oraz ich cechy użytkowe i funkcjonalne. Opracowane wyniki mogą być wykorzystywane zarówno do celów naukowo-badawczych, jak również użytkowo przez przedsiębiorstwa, zajmujące się wytwarzaniem elastomerów na bazie EPDM.

Na podstawie przedłożonej rozprawy doktorskiej stwierdzam, że mgr inż. Marcin Mroczek wykazał się wiedzą zarówno naukową jak i techniczną. Opracowanie autorskiego pomysłu na receptury mieszanek, metodyki ich wytwarzania zarówno w skali laboratoryjnej jak i przemysłowej, metodyki ich badań, przeprowadzenie analizy uzyskanych wyników badań oraz opracowanie zaleceń co do optymalnej receptury świadczą o umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz o dużej wiedzy Doktoranta z obszaru inżynierii materiałowej.

Stwierdzam, że praca doktorska mgr inż. Marcina Marcza, pt: **„Optymalizacja własności eksploatacyjnych kompozytów na bazie terpolimeru EPDM napelnianych biokomponentami oraz funkcjonalizowanych nanostrukturalnymi dodatkami mineralnymi”** spełnia wymagania określone w art. 187 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668, z późn. zm.) i może być podstawą do nadania stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria materiałowa, w postępowaniu prowadzonym na podstawie Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r., i wnoszę o dopuszczenie Doktoranta do publicznej obrony.

