

## OPINIA

o rozprawie doktorskiej mgr. inż. Pawła Piosia  
pt. „Badania właściwości mechanicznych kompozytu polimerowego – gumowego z opon samochodowych”.

**Promotor rozprawy:** dr hab. inż. Jarosław Pytka, Politechnika Lubelska

**Dziedzina:** Nauki Inżynieryjno-techniczne

**Dyscyplina:** Inżynieria Mechaniczna

### Podstawy formalno-prawne oraz merytoryczne opracowania:

- Pismo Z-cy Przewodniczącego ds. stopni naukowych Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Lubelskiej, dr. hab. inż. Jarosława Bieniasia (RDN/IM/217/2022), z dnia 25 kwietnia 2022 r.
- Rozprawa doktorska autorstwa mgr. inż. Pawła Piosia, pt. „Badania właściwości mechanicznych kompozytu polimerowego – gumowego z opon samochodowych”
- Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jednolity Dz. U. z 2016 r. poz. 882 ze zmianą: Dz. U. z 2016 r. poz. 1311) oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 26 września 2016 roku w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadaniu tytułu profesora (Dz. U. z 2016 r. poz. 1586).

### 1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRACY

Przekazana do oceny rozprawa doktorska mgr. inż. Pawła Piosia, obejmuje łącznie 138 stron zwarteo maszynopisu o tradycyjnej strukturze pracy naukowej, obejmującej literaturową analizę stany wiedzy i techniki oraz część badawczą. W tekście zawarte są 34 tabele, 92 rysunki, wykaz 92-ch pozycji literaturowych, oraz spisy: treści, symboli użytych w pracy, rysunków, tabel, a także streszczenia w języku polskim i angielskim. Rozprawa zrealizowana jest zasadniczo w 7-iu rozdziałach, tj.:

1. Wstęp,
2. Recykling opon samochodowych,
3. Kompozyt polimerowo-gumowy,
4. Cele oraz zakres rozprawy,
5. Technologia otrzymywania kompozytu polimerowo-gumowego,
6. Metody oraz wyniki badań,
7. Wnioski końcowe.

Treść ma charakter rozprawy studialno-eksperymentalny a tematyka osadzona jest w szeroko rozumianych procesach tworzenia i badania nowych, funkcjonalnych, kompozycji materiałów konstrukcyjnych do zastosowania w inżynierii mechanicznej. Przedstawione i opisane w rozprawie badania i analizy mieszczą się w obszarze tematycznym dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna, w szczególności zaś w przestrzeni rozwiązań problemów naukowych opartych o badania cech konstrukcyjnych kompozytów polimerowo-gumowych w kierunku ich zastosowania w budowie i eksploatacji maszyn, wiedzy o recyklingu potencjałów poużytkowych, materialnych i konstrukcyjnych oraz relacjach cech i właściwości materiałowo-konstrukcyjnych w procesach eksploatacyjnych.

W ujęciu ogólnym dysertację charakteryzuje przejrzysty układ pracy, właściwy podział treści, napisana jest poprawnym językiem, choć czasami zdarzają się pewne drobne niedoskonałości i nieprecyzyjne określenia. Stosowane pojęcia i terminologia nie budzą większych zastrzeżeń.

Zamieszczone w tekście elementy ilustracyjne oraz zestawienia tabelaryczne poprawnie prezentują dokonania i osiągnięcia Autora.

## **2. WYBÓR TEMATU ROZPRAWY**

Przedmiotem rozprawy są problemy i zagadnienia związane z poszukiwaniem, identyfikacją i eksperymentalnym kształtowaniem, oraz analizą w kierunku modyfikacji składu i właściwości prototypowych kompozytów polimerowo–gumowych opartych na recyklatkach pozyskanych z użytkowych opon samochodowych i wyrobów z politereftalanu etylenu (PET).

Podstawą rozwoju nauki jest permanentne dążenie do poszukiwania, a w konsekwencji do odkrywania nowych, lepszych rozwiązań, w tym przypadku, materiałów i ich pro ekologicznych kompozycji z poszanowaniem współczesnych trendów zawartych w proekologicznym gospodarowaniu światem (gospodarki o obiegu zamkniętym, zrównoważonym rozwoju, czystszej produkcji). Ważną kwestią jest również poszukiwanie i próba opisu nowych materiałów o wartościowych cechach, parametrach i właściwościach.

Podjęta i konsekwentnie realizowana tematyka rozprawy dobrze wpisuje się w aktualne trendy naukowych i inżynierskich poszukiwań nowych struktur, rozwiązań, kompozycji i modyfikacji, które dotyczą badań rozwojowych, naukowo-przemysłowych, jakże ważnych w obszarze działań aplikacyjnych dla całej branży technicznej, można powiedzieć społecznych.

Doktorant podjął się trudnego zadania popartego pracochłonnym eksperymentem prowadzącym do oceny właściwości mechanicznych modyfikowanych kompozytów polimerowo-gumowych, w tym sposobu ich pozyskiwania.

Podsumowując, stwierdzam że zaprezentowany w pracy materiał analityczno-badawczy, należy do grupy problemów naukowych z zakresu inżynierii mechanicznej, a podjęta tematyka jest ważna i aktualna zarówno z punktu widzenia naukowego jak i aplikacyjnego, przemysłowo-inżynierskiego dla poprawy jakości procesów w budowie i eksploatacji maszyn. Dobrze wpisuje się w aktualny trend naukowego poszukiwania pro środowiskowych, pro recyklingowych, użytkowych modyfikacji materiałów a w konsekwencji i konstrukcji w zakresie wytwarzania efektywnych, i wysoko sprawnych maszyn oraz ulepszonych modeli odwzorowujących ich charakterystyki, i możliwości naukowego opisu. W mojej opinii dobrze wybrano temat, właściwie sformułowano i osadzono cel badawczy i zadania szczegółowe pracy. Problem naukowy, choć nie został sformułowany jednoznacznie, wydaje się być intuicyjne oczywiste dla czytelnika. Zakres rozprawy uważam za wystarczający dla realizacji podjętego zadania.

## **3. OCENA MERYTORYCZNA**

Rozważania naukowe przedmiotowej rozprawy doktorskiej poświęcone są zagadnieniom badań i analiz zmierzających do opracowania nowych kompozycji materiałów konstrukcyjnych w oparciu o surowce pochodzące z użytkowej materii. Współcześnie ten problem ma istotne znaczenie dla realizacji środowiskowej misji rozwoju i polepszania inżynierii mechanicznej, procesów przetwarzania i wytwarzania materiałów niezbędnych dla konstruowania efektywnych środowiskowo i energetycznie maszyn i konstrukcji. Zaproponowany temat pracy jest ciekawą zapowiedzią rozwiązania ważnego problemu naukowo-inżynierskiego. Już z analizy treści części studialnej rozprawy wynika, że Autor świadomy jest współczesnych wyzwań nauki w zakresie wtórnego zagospodarowania użytkowej materii, w szczególności tej „bardzo odpornej” na ponowną przemysłową adaptację. Twórca opiniowanych rozważań, trafnie dostrzega potrzebę doskonalenia badań i analiz, a w konsekwencji, naukowych efektów w postaci materialnych wytworów, jako finalnych efektów podjętych zagadnień. Trafnie zauważa i wskazuje, że wiedza zawarta w literaturze nie wyczerpuje zagadnienia przedmiotu rozprawy mimo, że można w niej znaleźć wiele analiz realizowanych w różnej skali, od laboratoryjnej poprzez działania przemysłowe.

Mgr inż. Paweł Pioś przystępując do podjętych rozważań, wskazał na rosnący problem zagospodarowania wybranych dóbr materialnych. Autor przyjął założenie, że zmiany jakościowe zachodzące w elastomerach, jako głównego składnika strukturalnego opon samochodowych, podczas

ich użytkowania, oraz w politereftalanie etylenu, jako głównego składnika wyrobów, np. butelki i folie, itp., nie dyskwalifikują ich z ponownego, skutecznego i efekownego wykorzystania przemysłowego, wypełniając założenia przyjęte w tzw. gospodarce o obiegu zamkniętym. U podstaw zainteresowań Autora tematem rozprawy leży zamieszczone we wstępie spostrzeżenie (str. 12), że zastosowanie kompozytów, które podane zostały analizie, sprowadza się w głównej mierze do ograniczonego użytkowego wykorzystania. Przy takiej konstatacji należy domniemać, że obszar zastosowań można znacznie poszerzyć poprzez szczegółowo ukierunkowane rozważania i badania naukowe. Moim zdaniem opisana okoliczność stała się fundamentem do podjęcia przedmiotowej tematyki, poszukiwań nowych lepszych rozwiązań, stając się jednocześnie autorskim wkładem w rozwój badań i próbę identyfikacji wartościowych przemysłowo i naukowo kompozycji tworzywowych. Jak słusznie zauważa Doktorant wybrane tworzywa mimo, w pewnym sensie, unikalnych właściwości sprawiają, przysparzają ciągle jeszcze wiele problemów na etapie zagospodarowania poużytkowego.

W początkowych częściach rozprawy, Autor w bardzo syntetyczny sposób, pokrótce i dość ogólnie zaznacza czytelników z przestrzenią swoich naukowych zainteresowań. Słusznie zwraca uwagę na narastające w świecie problemy z zagospodarowaniem tworzyw, którym chce poświęcić rozważania. Doktorant sygnalizuje główny motyw podjęcia tematu pracy, tj. analityczno-badawczych rozważań nad właściwościami użytkowymi nowych, zmodyfikowanych postaci konglomeratów tworzywowych z wypełniaczem z gumy. Odnoszę wrażenie, że w pierwszych trzech rozdziałach, nieco ogólnie i powierzchownie przedstawiane są kwestie naukowego spojrzenia odbioru, oceny, identyfikacji recyklatów tworzywowych z PET i gumowych z opon samochodowych w inżynierii, a w konsekwencji ważnych aspektów problemowych kompozytów polimerowo-gumowych, jako obiektu badań i analiz. Mając na uwadze potencjalną grupę odbiorców rozprawy doktorskiej, tj. specjalistów z obszaru nauki i przemysłu zajmującego się tymi problemami, analiza stanu wiedzy winna być bardziej dogłębna, można powiedzieć krytyczna, jednoznacznie wskazująca przestrzenie warte uzupełnienia o nową wiedzę.

W dalszej części pracy Doktorant formułuje i umiejscawia zasadnicze elementy metodologiczne: cele główne podjętych w rozprawie badań i analiz. Za cele pracy przyjęto:

- opracowanie metody wytwarzania kompozytu polimerowo gumowego,
- określenie wybranych właściwości fizycznych, technologicznych i mechanicznych analizowanych tworzyw,
- określenie korelacji pomiędzy właściwościami mechanicznymi, fizycznymi i technologicznymi w zależności od stopnia modyfikacji kompozycji polimerowej granulatem gumowym.

Dla realizacji przyjętych celów sformułowano trzy zadania szczegółowe, tj.:

- dokonanie wyboru głównych składników kompozycji do modyfikacji,
- określenie rodzaju oraz zakresu ilości napelniacza, stosowanego jako środek modyfikujący kompozycję w celu uzyskania jak najbardziej korzystnych właściwości,
- opracowanie metodyki przygotowania kompozycji polimerowo-gumowej, w tym określenie sposobu oraz parametrów technologicznych mieszania składników oraz warunków utwardzania kompozycji.

W tej ważnej metodologicznej części rozprawy brakuje mi jasno sformułowanego zasadniczego problemu naukowego, ale do tej kwestii odniosłem się już wcześniej.

Przyjęty przez Autora zakres rozprawy, na tym etapie uważam za wystarczający dla realizacji przyjętych zamierzeń i osiągnięcia celów pracy. W mojej opinii tak sformułowani zamierzeniami można osiągnąć zaplanowane cele rozprawy. Reasumując ten zakres metodologiczny rozprawy mogę stwierdzić, że zasadnicze wymagania metodologiczne są wypełnione.

W dalszych częściach rozprawy Doktorant konsekwentnie i skutecznie realizuje wyznaczone przez siebie zadania badawcze. Stanowią one zręczny dokument prezentacji osiągnięć i wyników, naukowego sprawozdania z przeprowadzonych, szeroko zakrojonych eksperymentów laboratoryjnych, popartych dyskusją, potwierdzających wartość aplikacyjną opracowanego tworzywa kompozytowego. Przyjęta przez Autora metoda realizacji podjętych zagadnień, poparta syntetycznym przeglądem literatury, wypełnia współczesne standardy prowadzenia badań i analiz naukowych. Istotnym

zadaniem jest utworzenie, opracowanie sposobu i komplecacja instrumentarium badawczego do formowania i wytwarzania próbek kompozytowych (prasa, zespół formujący, matryca). Tu, Doktorant wykazał się wyobraźnią, dużą swobodą, dobrą intuicją, profesjonalizmem i dojrzałością inżyniera badacza. Zaprezentowana autorska metoda wytwarzania, przygotowywania próbek (str. 39), w konsekwencji sposób weryfikacji ich jakości (str. 41) przekonują i zachęcają do dalszego zgłębiania treści pracy. Uzyskane wyniki, dzięki właściwie dobranej, stosowanej aparaturze pomiarowej, stanowią urozmaicony materiał graficzny, rysunkowy, dobrze prezentujący uzyskane efekty, potwierdzający przydatność przygotowanych grup próbek do dalszego postępowania weryfikującego podjęte działania i analizy naukowe. Zaprezentowany materiał, w moim odczuciu, stanowi dobre wprowadzenie do dalszego postępowania badawczego, w którym Autor relacjonuje efekty kompleksowych badań nad właściwościami użytkowymi, uznanych za wartościowe, kombinacji modyfikacyjnych zaproponowanych odmian kompozytów polimerowych.

Do weryfikacji struktury wewnętrznej poszczególnych grup kompozytu zastosowano nieniszczącą metodę opartą na mikrotomografii. To działanie pozwoliło Autorowi na weryfikację, identyfikację wtrąceń, ewentualnych wad w postaci rozwarstwień oraz rozmieszczenia cząstek elastomerów (str. 51-53). Wykazano, że rozlokowanie granul gumowych jest prawidłowe. Z przeprowadzonej wstępnej weryfikacji materiału badawczego wynika, że zmiany zachodzące w tej grupie materiałów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych mają charakter zmian jakościowych i zależą głównie od ich składu oraz technologii ich przygotowania.

Z punktu widzenia dokonań naukowych, osiągnięć poznawczo-aplikacyjnych materiał zawarty w rozdziale szóstym jest dominujący. Opierając się na fizykalnych podstawach cech analizowanych materiałów, Doktorant dokonał weryfikacji gęstość poszczególnych modyfikacji obiektu badań. Wykorzystując podstawy metodyczne oznaczania elastyczność metodą Schoba, Autor oznaczył kolejną, ważną cechę materiałową poprzez jej szczegółową eksperymentalną weryfikację - i tym przypadku należy zauważyć przejrzystość, szczegółowość w sposobie prezentacji otrzymanych wyników.

Profesjonalnie i metodologicznie właściwie, została przeprowadzona kolejna badawcza analiza ważnej właściwości eksploatacyjnej. Oznaczenie ścieralności poszczególnych odmian modyfikacyjnych nowego kompozytu przeprowadzono z użyciem aparatu Schoppera-Sclobacha. W tym celu, dokonana została analiza podstaw teoretycznych tej ważnej, z punktu widzenia przemysłowego, cechy eksploatacyjnej dla tworzyw konstrukcyjnych. Zaprezentowana w podrozdziale 6,3 eksperymentalna, identyfikacyjna została przeprowadzona starannie i fachowo. Zamieszczona dyskusja, podsumowanie i opisy podstawowe oraz zaprezentowane zestawienia tabelaryczne i graficzne w grupie rezultatów z przeprowadzonych badań są na odpowiednim poziomie.

W pewnym sensie atrakcją prezentowanych w rozprawie rezultatów badawczych Doktoranta są efekty eksperymentów (laboratoryjne) w zakresie oceny cech i właściwości trybologicznych badanych tworzyw. Autor rozprawy skoncentrował tę przestrzeń na poznawczych aspektach i wynikach badań tzw. ścieralności, dwiema metodami (podrozdziały 6.4.1 – 6. 4.3) oraz weryfikacji nierównomierności powierzchni metodą różnicowania ogniskowego. Efektem tych działań są, dość oszczędne, ale jasne i precyzyjne opisy przyjętych metod, bogaty materiał wynikowy i konkludujące stwierdzenia.

Osiągnięciem badawczym Doktoranta są rezultaty oznaczania izolacyjności akustycznej opisane i przedstawione w podrozdziale 6.5. Tu daje się odczuć pewną, dobrze pojętą swobodę działań, która wynika z przyjętej i opisanej w podrozdziale 6.5.1 metody pomiarów, opartej na współautorskim urządzeniu, na który Doktorant wraz z Zespołem uzyskali ochronę patentową. Świadczy to dobrze o Autorze, choćby ze względu na konsekwencję w realizacji podjętego wcześniej nurtu działań naukowych. Efektem przeprowadzonych serii pomiarów jest bogaty materiał tabelarycznych i graficznych zestawień rezultatów pozwalający na jasny i swobodny odczyt z którego, jak twierdzi Autor rozprawy, wynika że proponowany nowy kompozyt, ze względu na swoje cechy i właściwości, nadaje się do zastosowania w konstrukcjach przeciwdziałających emisji hałasu .

Ostatnią weryfikowaną kwestią, podjętą w rozprawie, są zagadnienia eksperymentalnej identyfikacji właściwości wibroakustycznych kompozytów polimerowo-gumowych. Badania przeprowadzono na stanowisku umożliwiającym pomiar absorpcji akustycznej. Efektem poznawczym

tych działań są przedstawione na str. 118 wyniki w postaci charakterystyk badanego poziomu szumu i rozkładów widma amplitud dla poszczególnych ekspozycji na poziom szumu.

Odnosząc się do materiałów przedstawionych w częściach badawczych rozprawy (rozdz. 5 i 6) stwierdzam, że mają one pozytywny i cenny charakter dla całej rozprawy. Postępowanie weryfikacyjnych eksperymentów jest logiczne i usystematyzowane, poparte bogatym materiałem wynikowym. Pewien niedosyt dostrzegam w zakresie dość skąpej dyskusji, którą jednak rekompensują zawarte w pracy obszerne zestawienia wynikowe, pozwalające na jasny i intuicyjnie właściwy odbiór efektów rozprawy. Przeprowadzony dogłębny tematycznie eksperyment pozwala mieć nadzieję na szeroki wachlarz zastosowań przemysłowych dla zaproponowanego kompozytu polimerowego. Zakres badawczy, w moim przekonaniu, z nawiązką wypełnia sferę realizacji dla wyznaczonych zdań szczegółowych. Z tej perspektywy można stwierdzić, że Doktorant sformułował je dość asekuracyjnie, ostrożnie, gdyż w konsekwencji podjętych działań wykonał ogromną pracę analityczno-badawczą.

W świetle zaprezentowanych analiz i ocen można stwierdzić, że Doktorant osiągnął zamierzone cele rozprawy, tj. zaproponowania, opracowania metody wytwarzania kompozytu polimerowo-gumowego, oraz określenie, wyznaczenie wybranych właściwości fizycznych, technologicznych i mechanicznych, a także wzajemnych korelacji pomiędzy właściwościami mechanicznymi, fizycznymi i technologicznymi, w zależności od stopnia modyfikacji kompozycji granulatem gumowym. Znaczenie pracy dla dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna polega przede wszystkim, na skutecznym przyczynieniu się Doktoranta, poprzez opisanie w rozprawie efektów naukowych, prowadzących do poznania i opracowania metody tworzenia podstaw wytwarzania nowych kompozytowych materiałów konstrukcyjnych polimerowo-gumowych, co ważne, opartych o recyklaty oraz badania ich właściwości użytkowych, tj.: elastyczności, ścieralności, wybranych cech trybologicznych, ich izolacyjności i akustyczności. Doktorant wykonał badania programowane w warunkach laboratoryjnych zgodnie z przyjętym algorytmem, określając w konsekwencji właściwości użytkowe obiektu badań. Wybór metody badań i analiz został uzasadniony z punktu widzenia celu rozprawy, poprzez przyjętą procedurę zmierzającą do wyznaczenia właściwości nowego po recyklingowego tworzywa kompozytowego. Zaproponowana w rozprawie metoda wytwarzania kompozytu wnosi elementy nowości do szeroko pojętej budowy i eksploatacji maszyn, urządzeń, konstrukcji i technologicznych instalacji przemysłowych. Atrakcyjny i aktualny jest dobór materiału badawczego oparty o surowce po recyklingowe, jako przedstawicieli użytkowej materii znacznie obciążającej środowisko. Rozprawa doskonale wpisuje się w oczekiwania społecznej użyteczności nauki. Zaprezentowany w pracy proces analityczno-badawczy, a w konsekwencji materiał wynikowy, mają istotny charakter zewnętrzny, aplikacyjny, przemysłowy, technologiczny, konstrukcyjny i mechaniczny. Rozprawa wzbogaca wiedzę z zakresu inżynierii maszyn, konstruowania, wytwarzania, eksploatacji, w tym użytkowania.

Mając na uwadze powyższe stwierdzam, że treść pracy jest zgodna z przedmiotem tematycznym określonym w tytule i w poszczególnych rozdziałach.

Wykorzystaną w pracy bibliografię (92 pozycje) oceniam jako wystarczającą i poprawnie dobraną według zakresu tematycznego rozprawy i przetworzoną zgodnie z przyjętą koncepcją rozwiązania problemu naukowego. Niestety w tekście rozprawy nie znalazłem powołania na następujące pozycje spisu literatury: 4, 7, 10, 25, 34, 35, 38, 39 55, 65, 66, 88. Pewien mój niedosyt budzi też dość skromna ilość najświeższych opracowań naukowych.

#### **4. UWAGI**

Rozprawa, pomimo wartości poznawczo-aplikacyjnych posiada pewne niedoskonałości. Proszę, Autora o ustosunkowanie się do niżej wymienionych wątpliwości:

- a) Ponieważ w rozprawie nie zamieszczono szczegółowego planu badawczego, rodzi się pytanie w kwestiach zasadniczych, można powiedzieć metodycznych, jakimi przesłankami kierował się Autor rozprawy przy wyborze kompozytu, badanych właściwości tworzyw kompozytowych, ich składu %-go (str. 41<sup>1-7</sup>) i przyjętych metod badawczych. Jak zasygnalizowano w podrozdziale 5.2 (str. 39<sub>5-8</sub>) w początkowej fazie brano pod uwagę również inne kompozycje, od których odstąpiono nie podając przyczyn: „*Jednak główną uwagę poświęcono połączeniu granulatu*

gumowego z polimerem ... PET." (str. 40<sup>1-2</sup>). Proszę o wyjaśnienie tej kwestii. Czy zaproponowane postępowanie znajduje uzasadnienie w kwestiach tylko aplikacyjnych, użytkowych czy też poznawczych, naukowych?

- b) Autor w rozdziale drugim, charakteryzując efekty produktowe i procesowe recyklingu opon samochodowych stawia dość śmiałą tezę, mianowicie: „Produkt nie zawiera szkodliwych substancji i nie wydziela nieprzyjemnych zapachów. Jest bezpieczny dla ludzi i zwierząt.” (str. 19<sup>11-10</sup>) oraz charakteryzując proces bieżnikowania opon stwierdza: „Jest procesem w pełni bezpiecznym dla środowiska oraz ekonomicznie uzasadnionym (opłacalnym)” (str. 20<sup>18-17</sup>). Ponieważ, przedmiotowe stwierdzenia nie są potwierdzone przywołaniami literaturowymi, bardzo proszę o wyjaśnienia czy są one efektem wcześniejszych badań Autora. W tej kwestii odsyłam Doktoranta, np. do wyników pracy naukowej skazanej w rozprawie w 70-jej pozycji spisu literaturowego. Podobnych daleko idących uogólnień jest w rozprawie więcej, przytoczę miejsca ich występowania: str. 20<sup>6-1</sup>, str. 21<sup>4</sup>, str. 22<sup>1</sup>.
- c) W opisie rysunku 2.2 na str. 24, Autor posługuje ze terminem „Stopnie rozdrobnienia...”, w mojej opinii nie oddającym charakteru treści prezentowanych fotografii. Podobnej kwestii dotyczy stwierdzenie znajdujące się na str. 39<sup>4</sup>: „...o stopniu rozdrobnienia mieszczącym się w przedziale 4-6 mm.”. Proszę o wyjaśnienie tych wątpliwych kwestii. Jak Autor definiuje tę ważną dla procesów rozdrabiania wartość?
- d) W ocenie struktury wewnętrznej próbek kompozytowych użyto stwierdzenia: „...rozmieszczenie granulatu...jest akceptowalne...”. Proszę wyjaśnić w oparciu o jakie kryteria podjęto tę decyzję?

Ponadto:

- str. 10<sup>5-4</sup> – „...ok. 200 mln kg...”, wartość rozbieżna z informacją na str. 19<sup>4</sup>: „...17 mln ton.”,
- str. 15<sup>5</sup> – „...wydajność materiałów polimerowych...”, co Autor miał na myśli?,
- str. 16<sup>5</sup> – „...odkryty w latach 50-tych...”, brak spójności z zapisem na str. 17<sup>5</sup>: „...pierwsze zastosowanie ... PET .... w roku 1941...”,
- str. 19<sup>13</sup> – „...otrzymywanym ... w temperaturze otoczenia...”, nie jest to reguła. Zaprzeczeniem jest przywołana na str. 25 i 26 metoda kriogeniczna,
- str. 28<sup>7</sup> – „Dane z rynku...”, brak powołania na źródło wiedzy,
- str. 28<sup>14</sup> – „...badania wykazały...” brak powołania na źródło wiedzy,
- str. 28<sup>13</sup> – „...spalania ... czystego węgla.”, daleko idące uogólnienie,
- str. 34<sup>3-4</sup> – „...na podstawie dodatkowych celów użytkowych.”, jakie konkretnie cele Autor miał na myśli?,
- str. 40<sup>2</sup> – „...Metoda ta jest optymalna...”, na jakiej podstawie Autor tak twierdzi, czy była dokonana optymalizacja metod otrzymywania kompozytów?,
- str. 39 – na rysunku 5.4 znajduje się widok próbki nie oznaczonej i nie ujętej w opisie rysunku,
- str. 42<sup>2</sup> – „...o większej lub mniejszej ilości piksel.” określenie nie przystające do pracy naukowej,
- str. 49<sup>3-5</sup> – „...Takie zachowanie .....problemy montażowe.”, daleko idące uogólnianie,
- str. 56<sup>3</sup> – „Zestaw ....”, brak opisu składowych, również w opisie rys. 6.1,
- str. 57<sup>2</sup> – „...ważono dwukrotnie .”, co determinowało taką decyzję?, co w tej kwestii zalecają procedury, dokumenty odniesienia dla tej metody badawczej?
- Tab. 6.1 i 6.2 – średnie wartości gęstości PET i odpowiednio gęstości granulatu gumowego nie odpowiadają rzeczywistym wartości obliczeniowym, są wartościami przybliżonymi
- str. 72<sup>8</sup> – „...na rys. 6.7.”, powinno być na rys. 6.8
- str. 77<sup>8-9</sup> – „...w przypadku współpracy ze sobą dwóch elementów o różnych twardościach.” – moim zdaniem nie tylko o różnych twardościach.
- str. 86<sup>3-1</sup> – „Dana metoda nie jest optymalną metodą ....”, również str. 99<sup>1</sup> „...jest optymalną metodą”, jak Doktorant rozumie proces optymalizacji?
- str. 94, 95 i 98 – w podpisach rys. 6.30, 6.31, 6.32, 6.33 stanowisko badawcze nazywane jest naprzemiennie „testerem” i „tribotesterem”, taka niekonsekwencja może powodować niejednoznaczny, a nawet niewłaściwy, odbiór przekazywanych treści,
- str. 103<sup>11</sup> – „...wybija się ....”, co Autor miał na myśli?

W rozprawie zdarzają się, moim zdaniem, nazbyt ogólne sformułowania, np.: „...tworzywo idealnie nadaje się...” (str. 17<sup>2</sup>), „...dużą powtarzalnością...” (str. 87<sup>8</sup>), „...o dużej refleksyjności...” (str. 87<sup>10</sup>), oraz pewne uogólnienia, np.: „...używamy...” (str. 56<sup>5</sup>), „...znajdujemy...” (str. 57<sup>2</sup>), „...wyrażamy...” (str. 70<sup>9</sup>). Ponadto, brakuje odniesień w tekście rozprawy do niektórych rysunków, np.: rys. 1.2, 2.3, 2.4, 5.1, 5.2, 5.3, i tabel, np.: tab. 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5. Dodam, że w rozprawie występuje kilka przejęzyczeń, drobnych usterek stylistycznych, redakcyjnych, edytorskich.

Wymienione w opinii uwagi nie obniżają wartości merytorycznej rozprawy doktorskiej, bowiem mają one w większości charakter dyskusyjny, a przytoczone uwagi szczegółowe, redakcyjne i językowe mają charakter porządkowy.

## 5. PODSUMOWANIE

Według mojej wiedzy i zawartych w rozprawie relacji z badań własnych, zidentyfikowano i wykazano wiele istotnych dla inżynierii mechanicznej, w szczególności dla budowy i eksploatacji maszyn zależności pomiędzy cechami użytkowymi badanych konstrukcyjnych tworzyw kompozytowych a ich składem i strukturą. Należy podkreślić konsekwencję i determinację Autora zmierzającą do rozwiązania istotnego i ważnego z punktu widzenia praktyki inżynierskiej problemu naukowego oraz rolę poznawczo-badawczą podjętych zagadnień analityczno-eksperymentalnych.

Doktorant poprzez realizację kolejnych etapów pracy, uwierzytelnił i wykazał:

- poprawność przyjętej metody, zmierzającej do osiągnięcia sformułowanych na wstępie zasadniczych celów rozprawy,
- znajomość zagadnień z zakresu inżynierii mechanicznej,
- oryginalność rozwiązanego problemu naukowego,

co w mojej opinii potwierdza Jego umiejętności samodzielnego zaplanowania metodyki badań i prowadzenia pracy naukowobadawczej.

## 6. WNIOSEK KOŃCOWY

Na podstawie przeprowadzonej szczegółowej analizy rozprawy doktorskiej mgr. inż. Pawła Piosia, pt. **„Badania właściwości mechanicznych kompozytu polimerowego – gumowego z opon samochodowych”** stwierdzam, że:

- Doktorant w wystarczający sposób rozwiązał sformułowane w rozprawie zadania szczegółowe zmierzające do osiągnięcia sformułowanego i przyjętego celu poznawczego,
- zaprezentowane (uzyskane) w rozprawie wyniki badań i analiz stanowią podstawę do stwierdzenia, że podstawowe cele pracy zostały osiągnięte,
- Kandydat wykazał znajomość i opanowanie wiedzy z zakresu inżynierii mechanicznej, którą wykorzystał w należyтым stopniu podczas prowadzonego oryginalnego metodycznie postępowania analityczno-eksperymentalnego w przedmiotowym zakresie,
- rozprawa, w obszarze przyjętych kryteriów, opisu, ocen i syntezy badawczego postępowania, w szczególności opracowanej i przyjętej metoda badań, w konsekwencji uzyskane wyniki rozszerzają wiedzę o tworzywach konstrukcyjnych stosowanych w budowie i eksploatacji maszyn, urządzeń, instalacji technologicznych oraz ich praktycznego zastosowania.

Mając na uwadze zawarte w opinii stwierdzenia uważam, że przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska mgr. inż. Pawła Piosia, pt.

**„Badania właściwości mechanicznych kompozytu polimerowego – gumowego z opon samochodowych”**

spełnia obowiązujące przepisy i wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Wniosuję do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Lubelskiej o dopuszczenie Pana mgr. inż. Pawła Piosia do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Bydgoszcz, 2022-06-23

Andrzej Dupmanowski