

Lublin, 15/11/2024r.



Dr hab. inż. Jerzy JÓZWIK, prof. Uczelni

POLITECHNIKA LUBELSKA

WYDZIAŁ MECHANICZNY

Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji

Ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin

Telefon: + 48 606 296 823; + 48 691 035 576; j.jozwik@pollub.pl

## RECENZJA

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgra inż. Krystiana Stachowiaka pt.: „Analiza badawcza i możliwości wykorzystania odpadów z recyklingu jako napełniaczy kompozytów polimerowych przeznaczonych do obróbki skrawaniem” w związku z prowadzonym przez Radę Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna, Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Częstochowskiej przewodem o nadanie stopnia doktora.

### Zamawiający

Opinię wykonano na zlecenie Kierownika Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna z Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Częstochowskiej dra hab. inż. Janusza Szmidli, prof. PCz na podstawie powołania z dnia 25.10.2024 roku oraz stosownej umowy o dzieło.

### Informacje ogólne

Recenzja obejmuje ocenę treści merytorycznych rozprawy, ocenę wartości naukowej, tez i rozwiązania problemu badawczego, jak również ocenę redakcyjną i wnioski końcowe. Promotorem rozprawy jest Pan dr hab. inż. Adam Gnatowski, prof. PCz. Praca posiada promotora pomocniczego w osobie dr hab. inż. Rafała Gołębskiego, prof. PCz. Pracę przedstawiono na 185 stronach maszynopisu, w logicznym układzie 7 rozdziałów głównych i podrozdziałów wraz z streszczeniem, zarówno w j. polskim jak również w j. angielskim, wykazem oznaczeń i akronimów oraz bibliografią, wykazem ilustracji i wykazem tabel. Pracę

rozpoczyna krótkie, dwustronicowe wprowadzenie do omawianej problematyki oraz nakreślenie problematyki badawczej. W rozdziale drugim został przedstawiony cel i zakres pracy, gdzie zaprezentowano również trzy (3) tezy główne pracy, zaś w kolejnych rozdziałach scharakteryzowano przedmiot badań i metodykę. W dalszej części zawarto wyniki badań i ich analizę. Rozdziały końcowe stanowią dyskusja i syntetyczne podsumowanie o charakterze naukowym, poznawczym i utylitarnym oraz wnioski. Autor pracy nakreślił także perspektywy dalszych kierunków swoich prac badawczych, co pozwala stwierdzić, że przyjęta metodyka i obszar badawczy będzie dalej rozwijany. Praca nie zawiera załączników. Pracę kończy trzystronicowy (3) suplement i oświadczenie o samodzielnym wykonaniu pracy oraz to, że praca nie narusza praw autorski i praw pokrewnych.

### **Temat, treść rozprawy, tezy i rozwiązanie problemu naukowego**

Przedmiotem rozprawy doktorskiej Pana mgra inż. Krystiana Stachowiaka jest „Analiza badawcza i możliwości wykorzystania odpadów z recyklingu jako napełniaczy kompozytów polimerowych przeznaczonych do obróbki skrawaniem”. Tak sformułowany tytuł rozprawy w kontekście postawionych tez, celu i zakresu jest nieco mylny. W pracy zaprezentowano właściwie szerokie badania właściwości termomechanicznych nowych struktur kompozytowych, a także próbowano określić wpływ warunków technologicznych skrawania uzyskanych struktur na morfologię i właściwości eksploatacyjne powierzchni po obróbce tychże kompozytów. Niezależnie od tego uważam jednak, że Autor pracy podejmuje bardzo ważny i aktualny problem naukowy zgodny z najnowszymi dzisiaj trendami badawczymi, m.in. związanymi z transformacją i ideą przemysłu 5.0, stawiającego na zrównoważony rozwój ESG i gospodarkę o obiegu zamkniętym GOZ. Gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ) lub inaczej gospodarka cyrkularna (Circular Economy) to model, w którym minimalizuje się zużycie surowców oraz powstawanie odpadów. Autor konstruktywnie wykorzystuje odpady procesowe z procesu obróbki ubytkowej (wióry stopu aluminium i mosiądzu (stopu miedzi i cynku)) na rzecz tworzenia nowych półfabrykatów w postaci struktur kompozytowych (z dodatkiem osnowy: poliamid(u) 6 - PA6 oraz polieteroeteroketon(u) PEEK), o unikatowych właściwościach termomechanicznych, strukturze oraz morfologii powierzchni. Koncepcja zrównoważonego rozwoju (ESG) oraz Gospodarka o Obiegu Zamkniętym (GOZ) są obecnie jednym z najważniejszych wyzwań stojących przed organizacjami na całym świecie, również w Polsce. Aspekt środowiskowy w koncepcji ESG dotyczy działań podejmowanych przez organizacje w celu ochrony środowiska i zminimalizowania negatywnego wpływu na nie. Gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ) to między innymi recykling i ponowne użycie istniejących materiałów

i produktów tak długo, jak to możliwe. Zatem, praca przedstawiona do recenzji idealnie wpisuje się w zagadnienia związane z ochroną środowiska oraz filozofię obiegu zamkniętego. Potwierdza to szereg problemów praktycznych poruszanych w fachowej literaturze przedmiotu rozprawy, począwszy od rozwiązań naukowych problemów teoretycznych, jak również ważnych problemów praktycznych o charakterze technologicznym i środowiskowym. Ekologia w przemyśle to wyzwanie ważne, szerokie i nieuniknione. Ekologię w przemyśle powinniśmy zacząć traktować jako faktyczne, rzeczywiste i bardzo poważne źródło przewagi konkurencyjnej. Ekologia w przemyśle nie kończy się na zarządzaniu odpadami, przetwórstwie odpadów i stosowaniu ekologicznych środków produkcji ale także możliwości ponownego ich wykorzystania. Poszukuje się wciąż rozwiązań mających na celu minimalizowanie wpływu negatywnych aspektów obróbki mechanicznej metali. Doktorant jedno z takich rozwiązań zaproponował właśnie w swojej dysertacji – wykorzystał odpady procesowe do budowy nowych materiałów kompozytowych o specyficznych cechach termomechanicznych (wskazał na możliwości recyklingu i ponownego ich wykorzystania). Jako recenzent, patrząc szeroko na poruszane zagadnienia, upatruję w tym zmniejszenie ryzyka biznesowego w firmach poprzez wykazanie działalności w zgodzie z przepisami prawa i regulacjami dotyczącymi ochrony środowiska, zmniejszenie ryzyka awarii mających negatywny wpływ na środowisko oraz budowanie wizerunku i przewagi konkurencyjnej, postrzeganej jako zaangażowanie w ochronę środowiska (zgodnie z normą dotyczącą wprowadzenia systemu zarządzania środowiskiem ISO 14001). Norma ISO 14001 jest najbardziej znaną i najskuteczniejszą międzynarodową normą określającą wymagania dotyczące systemu zarządzania środowiskowego, a jej nadrzędnym celem jest zapewnienie ram dla firm w zakresie systematycznej ochrony środowiska i reagowania na zmieniające się warunki środowiskowe. Przedstawione w pracy treści (rozdz. 1.3) wskazują także na dążenie do doskonałości produkcji, selekcji odpadów procesowych i ich recykling, a więc dążenie do jak najlepszego wykorzystania zasobów, surowców a pośrednio również energii i czasu. Praca wykonana jest w ośrodku o długoletnich tradycjach badawczych i dużym potencjale oraz zgromadzonej wiedzy. Bazą dla niniejszej rozprawy są liczne prace badawcze wykonane wcześniej, w tym również z udziałem promotora, promotora pomocniczego i autora rozprawy.

Temat, choć nieco zagmatwany oraz zawarte w pracy treści są spójne. Treści merytoryczne prezentowane w rozprawie są przedstawiane z bardzo dużym poziomem szczegółowości i są adekwatne do rozważanych problemów. Można stwierdzić, że autor przeprowadził szerokie studium literatury i posiada umiejętność syntetyzowania wiedzy oraz planowania eksperymentu. Ponadto, na szczególną uwagę zasługują konstruktywne

i twórcze (autorskie) rozwiązania technologiczne samego doktoranta (kompozycje materiałowe), który udowodnił w pracy swoją kreatywność i wysokie kompetencje badawcze.

Celem pracy jest określenie związków przyczynowo - skutkowych pomiędzy rodzajem frakcji napełniacza w postaci wiórów stopu aluminium i mosiądku o określonej przedziałowo wielkości, na zmiany właściwości (a nie własności, jak autor pisze w pracy) mechanicznych i termicznych kompozytów o różnym składzie i udziale masowym napełniacza i osnowy (PA6 lub PEEK), wyrażonym procentowo %. Cel poznawczy i użyteczny pracy to opracowanie wytycznych i wskazówek procesowych wytwarzania i konstituowania podatności na obróbkę skrawaniem, a w szczególności morfologię powierzchni. Dwie tezy naukowe i cel pracy, wynikające z dokładnie wykonanego przeglądu literatury (120 pozycje literaturowe), są bardzo konkretne. Wydaje się jednak, że teza oznaczona numerem dwa jest zawiła i niejednoznaczna, której udowodnienie jest właściwie minimalne i bardzo rozmyte w pracy (zabrakło dedykowanych badań potwierdzających tezę 2 i zestawienia porównawczego wyników obróbki materiałów jednorodnych, nie podano także odniesień do istniejących i dostępnych w literaturze badań). Autor pracy nie sformułował tez pomocniczych. Można było jednak w świetle wykonanych badań postawić tezy pomocnicze dotyczące konstituowania morfologii powierzchni opracowanych kompozytów i związków przyczynowo skutkowych pomiędzy warunkami skrawania, rodzajem obrabianego materiału i parametrami morfologii powierzchni.

Mimo drobnych niedociągnięć, moja ocena pracy w zakresie tematu, treści rozprawy, tez i rozwiązania problemu naukowego jest pozytywna. Uznaję, że podjęcie problemu badawczego zdefiniowanego w pracy przyniesie istotny wkład w dyscyplinę naukową Inżynieria Mechaniczna i wiele korzyści o charakterze użytecznym.

### **Ocena wartości naukowej rozprawy**

Autor pracy porusza bardzo ważny i aktualny problem badawczy. Podejmuje próbę analizy możliwości wykorzystania odpadów z recyklingu jako napełniaczy nowych kompozycji polimerowych (kompozytów) przeznaczonych do obróbki skrawaniem. W tytule pracy autor używa sformułowania „analiza badawcza”, co budzi pewne wątpliwości czytelnika, co właściwie miałyby ona oznaczać. Nie doszukałem się takiego sformułowania w dostępnej literaturze i wedle mojej wiedzy, można wyodrębnić analizę: ogólną, szczegółową, elementarną, funkcyjną, logiczną, dedukcyjną, indukcyjną, porównawczą, przyczynową, opisową, prognostyczną, finansową, kompleksową, decyzyjną, prospektywną, retrospektywną, bieżącą, zewnętrzną, wewnętrzną, i wiele innych, ale nie badawczą. Z pewnością autor wykonał bogaty eksperyment naukowy. Wykazał się umiejętnością

planowania doświadczeń oraz syntetyzowania wiedzy. Analizując pracę, można wskazać na wiele pozytywnych cech aplikacyjnych wykonanych badań. Mogą one przynieść dużo efektów użytkowych z zastosowania w praktyce. Zaproponowane struktury kompozytowe można rozszerzyć na inne rodzaje materiałów włóknistych, takich jak np. stopy tytanu, stopy magnezu, stopy i wiele innych. Zaproponowana metodyka badawcza jest spójna i bazuje na bogato wyposażonych (w najnowszy sprzęt) laboratoriach badawczych. Zaproponowany wachlarz badań i prac doktoranta uznaję za imponujący, co niewątpliwie należy podkreślić i docenić. Zaprezentowana dyskusja wyników i podsumowanie świadczą o dużej dojrzałości naukowej autora rozprawy. Zabrakło jednak pewnych uogólnień, które można by przełożyć na całą gamę kombinacji materiałów napełniacza i osnowy, a także wyników badań geometrycznych powierzchni. Przedstawione treści merytoryczne i wyniki badań eksperymentalnych pozwoliły na udowodnienie postawionych 2 tez (pierwszej i trzeciej w stopniu doskonałym) oraz drugiej w stopniu zadowalającym. Autor osiągnął postawiony cel i zrealizował plan badawczy ujęty w zakresie pracy. Prace te pozwoliły mu na wyciągnięcie jednoznacznych wniosków naukowych, poznawczych i użytkowych. Mimo pozytywnej oceny ogólnej pracy, autor nie ustrzegł się nielicznych niedociągnięć. Wstęp dysertacji w małym stopniu koreluje z tematem celem i zakresem pracy. Stwierdzenie Autora, że w literaturze technicznej nie ma jednoznacznej definicji materiału kompozytowego nie jest prawdziwe, gdyż takich spójnych definicji jest bardzo wiele (str. 9). Metodyka i zastosowany w doświadczeniu sprzęt pomiarowy, stanowiska badawcze, maszyny i narzędzia są na najwyższym poziomie technologiczności, dostępnym na rynku. Urządzenia tego typu są spotykane w najlepszych laboratoriach badawczych, co zasługuje na wyeksponowanie i docenienie. Zainteresowanie recenzenta budzi to, w jaki sposób uzyskiwano jednorodność struktury (równomierne rozłożenie napełniacza w osnowie) opisane na stronie 62-63? Autor podaje, że mieszaninę napełniacza i osnowy suszono oraz homogenizowano. Pojawia się pytanie, jak tak mała ilość osnowy (5% wagowo) w stosunku do napełniacza (95% wagowo) była w stanie wypełnić wszystkie luki pomiędzy losowo ułożonymi włóknami, które jak domniemam nie były regularnymi prostopadłościanami o konkretnej podstawie, mimo nawet zastosowanego ciśnienia kompresji? Na stronie 66 zaprezentowano tabelę 4.2 gdzie podano jakościowe parametry i ilościowe ich wartości dla wytwarzanych próbek. Pojawia się kolejne pytanie, czy były to wszystkie próbki wykorzystane w eksperymencie? Czy każdą z zaprezentowanych próbek w tabeli 4.2 autor posiadał i badał w jej n-licznie? Jednym słowem ile było badanych próbek tego samego rodzaju. Z przedstawionego zestawienia domniemam, że po jednej? Potwierdza to również fakt, że w pracy nie zaprezentowano żadnej analizy matematycznej (statystycznej). Nie określono wartości średnich ani miar rozrzutu, nie przeprowadzono testów istotności, itp. Również, w pracy zabrakło zdefiniowania

położenia obszarów badawczych topografii powierzchni dla map konturowych na próbce (80x80), a jedynie tylko jego pole 10x10. Autor pisze, że wybierano je losowo. Wyłania się zatem pytanie dlaczego i czym było to podyktowane? Czy na podstawie losowych map konturowych możliwa była jednoznaczna i obiektywna (reprezentatywna) ocena parametrów morfologii powierzchni? Czy wyniki z losowo wybranej powierzchni mogą być reprezentatywne i czy mogą lokalizować napełniacz i osnowę? W moim odczuciu lokalizacja miejsc pomiaru powinna być wskazana oraz być taka sama dla wszystkich badanych próbek. Jeśli nie, to powinno się zastosować określony algorytm selekcji lokalizacji, koncentrując się np. na maksymalnej wartości parametru  $S_a$  lub zespołu parametrów. Skoro autor analizuje przestrzenne parametry chropowatości ( $S$ ), to w jakim celu przedstawia parametry liniowe ( $R$ )? Czemu to miało służyć? str.99-100. Dlaczego autor mając zestawienia tabelaryczne wyników pomiarów (tab. 6.1, str.100) nie zestawił graficznie ich na wykresie.

Na stronie 124 autor pisze, że proces frezowania poprawia jakość powierzchni, co jest w stosunku do nieobrobionych próbek po procesie prasowania oczywistą oczywistością. W dalszej części zdania autor pisze, że „...redukcja defektów znacznie zwiększyła jednorodność struktury...). Bardzo proszę o gruntowne wyjaśnienie, jak frezowanie zmienia jednorodność struktury i jakiej, co autor ma na myśli i o jakie defekt chodziło lub chodzi? Autor pisze (str. 124) o nierównomierności rozłożenia wiórów, na podstawie jakich parametrów to stwierdza, jak ją określa i w jaki sposób identyfikuje? O jakich defektach powierzchniowych autor pisze na str. 134, co pod tym pojęciem rozumie? Powinien je jednoznacznie zdefiniować. Wyniki zawarte w tabeli 6.9 są bardzo cenne, ale jakie algorytmy pozwoliły na wyekstrahowanie zamieszczonych danych dla napełniacza, osnowy, wtrąceń i porów. Czy zastosowany sprzęt pomiarowy to zrealizował automatycznie, czy autor określał to indywidualnie na podstawie wykonanych skanów. W jaki sposób i wg jakich kryteriów określono jednorodność składu (tabela 6.9, str. 135)? Na stronie 137 autor pisze, że („...minimalna porowatość świadczy o bardzo dobrej kohezji między fazami...). Trudno się z tym zgodzić, ponieważ kohezja odnosi się do sił przyciągania pomiędzy cząsteczkami tej samej substancji - tego samego ciała, zaś adhezja dotyczy oddziaływań pomiędzy cząsteczkami różnych ciał. W kontekście osnowy i napełniacza oraz wspomnianej przez autora strefy międzyfazowej możemy raczej mówić o adhezji, a nie kohezji. Podsumowując merytoryczną stronę pracy nasuwa się jeszcze jedno pytanie, w jaki sposób autor uzasadnia wybór jako napełniacza akurat wiórów ze stopu aluminium i wiórów z mosiądzu, a nie np. stali czy też stopów tytanu, stopów magnezu, lub innych? Dlaczego autor w zakres prac badawczych wkomponował dodatkowo obróbkę ubytkową i topografię powierzchni, nie wiążąc jej z warunkami skrawania (nie doszukałem się wykresów ani opisów jednoznacznie określających wpływ posuwu, głębokości skrawania i prędkości skrawania na morfologię

powierzchni?). Oczywiście mogłoby to stanowić ciekawy temat kolejnej pracy doktorskiej. Badania frakcji wiórów z dokładną ich analizą stanu wyjściowego, w tym geometrii, a także twardości i innych cech na właściwości i podatność do tworzenia struktury kompozytowej poprzez pracowanie oraz badania właściwości termomechanicznych już jest ciekawym zadaniem badawczym, który można bardzo dogłębnie analizować. Dlaczego autor nie zdefiniował - a właściwie nie zweryfikował, pierwotnych właściwości mechanicznych wzgl. termomechanicznych oddzielnie wiórów stopu aluminium i miedzi, a także ich morfologii, bo to ona decyduje o siłach adhezji pomiędzy nimi i osnową?. Zasadnym byłoby określenie pełnego budżetowania niepewności pomiaru zastosowanych systemów pomiarowych i uwzględnienie nie tylko metody A, ale również metody B szacowania niepewności, uwzględniając oddziaływania cieplne podczas pracy urządzeń, rozdzielczości, błędów układu przetwarzania sygnałów i wiele innych, dotyczących wszystkich elementów zestawów pomiarowego.

Zgromadzony materiał badawczy jest imponujący, a dyskusja uzyskanych wyników wystarczająca (aczkolwiek na umiarkowanym poziomie). Podsumowując, przytoczone i zaprezentowane graficznie w pracy wyniki badań eksperymentalnych udowadniają postawione przez doktoranta tezy. Autor rozprawy w oparciu o szereg bardzo rozbudowanych eksperymentów i analiz udowadnia postawione tezy (w mniejszym stopniu tezę nr 2). Dobór rozpatrywanych zagadnień uznaję za prawidłowy i moim zdaniem, pozwala on na ocenę dotychczasowego stanu wiedzy oraz stanowi solidną podstawę do określenia celów pracy, obszaru badawczego oraz metodyki badań własnych autora.

### **Ocena językowa i redakcyjna rozprawy**

Ocena redakcyjna rozprawy obejmuje: strukturę pracy, poprawność językową, stosowanie odpowiednich skrótów, odnośników i cytowań, zamieszczania rysunków, wzorów i tabel wraz z ich właściwym opisem, podpisami i wyjaśnieniami, opracowanie literatury, normatywnych aktów prawnych i streszczeń w j. polskim i j. angielskim. Praca została opracowana wyjątkowo starannie i przejrzysto. Autor posługuje się fachowym słownictwem technicznym (inżynierskim). Na wysoką ocenę zasługuje opracowanie wyników badań eksperymentalnych i ich zobrazowanie graficzne. Analiza rozprawy pod kątem redakcyjnym nie budzi najmniejszych zastrzeżeń, nie mniej jednak Autor nie ustrzegł się drobnych niedociągnięć i niedoskonałości. Do najważniejszych z nich należą:

- brak zachowanych proporcji rysunków, np. por. rys. 1.3 z rys.1,5,
- wielkość rysunków jest bardzo czytelna, nie mniej jednak mogłyby być one nieco większe,

- na rys. 6.13 do 6.16 skala jest miniaturowej wielkości, trudnej do dostrzeżenia przez czytelnika i mało widocznej na tle zobrazowania,
- każdy cytowany rysunek powinien być w bazie doniesień literaturowych i powinien być opatrzony stosownymi przypisami.
- literatura specjalistyczna obejmująca 120 pozycji dobrana jest trafnie, mimo, że jej zapis wymaga wielu udoskonaleń (konsekwencji w podawaniu wydawnictwa, miejsca wydania, numerów stron, itp.). Autor powinien zastosować jeden ze stylów, np.: AMA Style, APA Style, AIP Style, OSCOLA Style, Harvard Style, IEEE style, Chicago/Turabian Style, MDPI and ACS Style, itp.
- układ rozprawy i podział treści między poszczególne rozdziały jest logiczny,
- niefortunny tytuł rozprawy na str. 9
- niefortunne określenie: „przemysł obróbkowy”;
- niewłaściwe określenie „zewnętrzne ostrza” str. 18,
- autor zastosował niepoprawne zestawienie ruchów na str. 18 (liniowego i kątownego) interpretując rys. 1.3, cytując „... przedmiot obrabiany przesuwają się w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu obrotowego freza...”,
- do oznaczenia prędkości skrawania oraz prędkości ruchu posuwowego w pracy zastosowano duże litery oznaczenia zmiennej  $V$ , co powinno być zapisane odpowiednio małą literą z indeksem „ $v_c$ ” oraz „ $v_f$ ” (str. 19),
- niefortunne określenie: „detal” w wielu miejscach pracy np. str. 20, str.40, powinno być część, przedmiot, itp. Detal to coś małego, szczegół, element większej całości. Według definicji encyklopedycznej detal architektoniczny to: „potocznie fragment architektonicznego wykończenia budowli” (Szolginia, 1991).
- niefortunne określenie: „...wióry mogą kleić się do...”, np. str. 20,
- niefortunne określenie w wielu miejscach: „...tworzywa sztuczne...”, pojęcie przestarzałe i nieformalne, obecnie powinno używać się: tworzywa polimerowe lub tworzywa wielkocząsteczkowe, np. str. 20,
- niefortunne określenie w wielu miejscach: „...żywność narzędzia...”, powinno być trwałość narzędzia, np. str. 22,
- niefortunne określenie w podpisie rysunku 1.7 „...Frez wielostrzowy kompresyjny...”, proszę o komentarz w tym przypadku, np. str. 23,
- niewłaściwe formalnie określenie „cięcia” raczej powinno być „skrawania”;
- niewłaściwe określenie „kąt osiowy” na str. 23, 24 (rys. 1.9),
- niefortunne określenie: „napięcie” a powinno być „naprężenie” str. 26,



- niefortunne określenie na str. 51: „procesów produkcyjnych”, które to określenie jest znacznie szersze niż analizowane w pracy zagadnienie, raczej powinno być sformułowanie „procesów wytwarzania”;
- niefortunne określenia na str. 97 „techniki obróbki”, „prędkość obróbki”, „optymalne parametry” i wiele innych,
- proszę o zdefiniowanie pojęcia „głębokość skrawania” i odniesienie się do podanej na stronie 59 głębokości  $a_p=25\text{mm}$ ,
- tabela na str. 65 powinna być również opisana, np. Tab. 4.1. c.d.
- określenie lingwistyczne o treści „...tangensa kąta...” (pojawiające się wielokrotnie) uznaję za niefortunne ( str. 68), zaś w innym przypadku na str. 78 „ $\tan\delta$ ” za niewłaściwy,
- zapisy ciśnienia rzędu kilkunastu tysięcy paskali (np. 18680, str. 72 i wielu innych miejscach) można było przedstawić w kPa,
- niefortunne określenia na str. 100, „...przewaga dolin...”, „...umiarkowana liczba...”, „...redukcja chropowatości...” itd.,
- na rys. 6 podano różne jednostki wartości funkcji mm,  $\mu\text{m}$  (wszystko jest poprawnie, ale dobrze by było zachować te same jednostki wielkości na osi pionowej przy takim zestawieniu) str. 102,
- dyskusyjna jest jednostka  $\text{ml}/\text{m}^2$  osi w stosunku do zapisu „...objętość...”, proszę o wyjaśnienie (rys. 6.3; 6.6; 6.9; 6.12 str. 103; 110; 116; 122 tekst str. 104), należy sprawdzić definicje parametrów wolumetrycznych i sprawdzić jednostkę lub zmienić nazewnictwo objętość,
- w wielu zdaniach autor powinien zastosować liczbę mnogą w słowie „...badaniach...” a nie „...badaniu...”, ponieważ tak naprawdę autor przeprowadził wiele badań, co wynika z opisu i zdania, w którym to określenie się znajduje, str. 105,
- autor używa niefortunnego określenia „...fazy napełniacza i osnowy nie są dobrze zintegrowane...” Co to ma oznaczać wg autora?
- co wg autora oznacza „...umiarkowana porowatość..” str. 138

Przeprowadzona analiza tekstu rozprawy, pozwala odnieść wrażenie, że wiele schematów tekstu w części badawczej i dyskusji wyników jest powtórzonych choć wypełnionych innymi danymi liczbowymi, lub też nieznacznie sparafrazowanych. Przytoczone nieliczne niedociągnięcia, nie obniżają wartości naukowej i poznawczej ocenianej rozprawy doktorskiej. Struktura pracy i treści merytoryczne, odpowiadają wymaganym standardom stawianym rozprawom doktorskim. Ogólnie, pomijając kilka niedociągnięć, język pracy nie budzi zastrzeżeń, jest fachowy i profesjonalny, zaś nieliczne „potknięcia” nie obniżają wartości merytorycznej pracy. Uwzględniając całokształt

przedstawionych treści merytorycznych zarówno w części teoretycznej jak i praktycznej pracy, oceniam je pozytywnie.

## **Podsumowanie i wniosek końcowy**

Biorąc pod uwagę całość pracy, należy stwierdzić, że zaprezentowane wyniki posiadają wymiar poznawczy i naukowy, a także użyteczny. Podsumowując aspekty naukowe pracy, pomimo nielicznych niedoskonałości uważam je za wartościowe oraz o dużym potencjale naukowym. Autor osiągnął postawione cele i pozyskał wystarczający materiał badawczy pozwalający na udowodnienie postawionych w rozprawie tez. Teza oznaczona numerem 2 w moim odczuciu została udowodniona w minimalistycznym stopniu.

Na podstawie analizy rozprawy oraz bibliografii dorobku autora można stwierdzić, że jest on przygotowany do prowadzenia samodzielnej pracy naukowej. Autor rozprawy wydatnie poszerzył swoją wiedzę w obszarze badań naukowych z zakresu dyscypliny naukowej Inżynieria Mechaniczna. Podsumowując moją ocenę stwierdzam, że:

- rozprawa spełnia wymóg oryginalnego rozwiązania zagadnienia naukowego, wykonanego przez autora,
- dokumentuje wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna,
- praca ma istotny wkład w rozwój i podniesienie ogólnego poziomu wiedzy w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna,
- autor wykazał się umiejętnościami samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, planowania eksperymentu i wyciągania z nich poprawnych wniosków.

Uwzględniając przedstawioną do recenzji rozprawę doktorską i jej naukowy wkład w Dyscyplinę Inżynieria Mechaniczna stwierdzam, że zaprezentowana przez Pana mgr inż. Krystiana Stachowiaka pt.: „Analiza badawcza i możliwości wykorzystania odpadów z recyklingu jako wypełniaczy kompozytów polimerowych przeznaczonych do obróbki skrawaniem”, to oryginalne i wartościowe pod względem naukowym, ale także praktycznym osiągnięcie oraz rozwiązanie problemu określonego w tytule, celu i zakresie pracy a jednocześnie oryginalne rozwiązanie w zakresie implementacji wyników własnych badań naukowych noszących znamiona praktycznego przemysłowego zastosowania.

Rozprawa spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.) i wnioskuję do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna z Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Częstochowskiej o jej przyjęcie oraz dopuszczenie Autora do publicznej obrony rozprawy.