



POLITECHNIKA POZNAŃSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ
ZAKŁAD PROJEKTOWANIA TECHNOLOGII

Prof. dr hab. inż. Stanisław LEGUTKO
dr h.c., prof. h. c.

ul. Piotrowo 3 60-965 Poznań
tel. (0-61) 665-25-77, fax
(061) 665-22-00
e-mail: stanislaw.legutko@put.poznan.pl

Poznań, 5.11.2024r.

Recenzja nr 64/dr/SL

rozprawy doktorskiej mgra inż. Krystiana Stachowiaka pt.

***Analiza badawcza i możliwości wykorzystania odpadów z recyklingu jako napelniaczy
kompozytów polimerowych przeznaczonych do obróbki skrawaniem***

Podstawa opracowania recenzji: pismo Kierownika Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna z Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Częstochowskiej dra hab. inż. Janusza Szmidli, prof. PCz z dnia 9.10.2024 roku oraz stosowna umowa o dzieło.

Wymienione dokumenty odebrałem 15.10.2024 r.

1. Podstawowe dane dotyczące Kandydata

Mgr inż. Krystian Stachowiak w latach 2002–2007 studiował na Wydziale Mechaniczno–Technologicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach na kierunku Edukacja Techniczno–Informatyczna, uzyskując tytuł magistra inżyniera w specjalności Inżynieria Materiałowa. W trakcie studiów zdobył również przygotowanie pedagogiczne. W 2018 roku rozpoczął studia doktoranckie na Politechnice Częstochowskiej, na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Informatyki, w Katedrze Technologii i Automatyzacji, w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn.

Doświadczenie zawodowe zdobywał w latach 2007–2012, pełniąc różne funkcje: specjalisty ds. marketingu i handlu (2007–2009), Starszego Mistrza Oddziału Żerdziowego i Obróbki Ciepłej (2009–2011), oraz Kierownika Wykańczalni ϕ 400/290 i ϕ 600 (2011–2012) w firmie Walcownie

Bruzdowe „BATORY” Sp. z o.o. W okresie od 2 lipca 2012 do 30 listopada 2013 pracował jako handlowiec w firmie P.A.T. Bugała Sp. J. W latach 2013–2014 zatrudniony był w firmie W&D Engraving Solutions Sp. z o.o., jako specjalista ds. sprzedaży, a w latach 2014–2015 w firmie JANUS Sp. z o.o., jako Przedstawiciel Handlowy ds. sprzedaży narzędzi skrawających. Od 2015 roku pełni funkcję Regionalnego Kierownika Sprzedaży w firmie Perschmann Sp. z o.o.

Kandydat jest współautorem dwóch publikacji oraz dwóch zgłoszeń patentowych. Jeden artykuł jest rozpowszechnieniem wyników badań wykonanych w ramach rozprawy doktorskiej.

Zgodnie z oświadczeniem mgr inż. Krystian Stachowiak nie ubiegał się wcześniej o nadanie stopnia naukowego doktora.

2. Analiza rozprawy

2.1. Tytuł rozprawy i ocena aktualności podjętego problemu naukowego

Tytuł rozprawy doktorskiej przedstawionej do recenzji jest następujący: *Analiza badawcza i możliwości wykorzystania odpadów z recyklingu jako napełniaczy kompozytów polimerowych przeznaczonych do obróbki skrawaniem*. Na wstępie analizy rozprawy chciałbym przedstawić ocenę aktualności podjętego zagadnienia naukowego. Poza tym identyfikacja usytuowania niniejszej pracy na tym tle oraz zarysowanie głównych dróg rozwoju tego obszaru, w którym ona się mieści, pozwoli na osądzenie, czy Autor trafnie wybrał tematykę badawczą.

Recenzowaną rozprawę doktorską z naukoznawczego punktu widzenia można usytuować w tzw. warstwie merytorycznej współczesnej technologii maszyn, w której wyróżnia się technologie objętościowe, ubytkowe, przyrostowe, ulepszające, łączące i miernicze. W analizowanym przypadku - w jej fragmentach określanych, jako technologia otrzymywania kompozytów tworzyw sztucznych z napełniaczami metalowymi oraz ubytkowa obróbka skrawaniem tychże narzędziami o określonej geometrii ostrza. Proponowane usytuowanie wynika z wyróżnienia we współczesnej technologii maszyn trzech warstw, a mianowicie: metodologicznej, metodycznej i merytorycznej. W warstwie metodologicznej aktualnie wykorzystywane procedury tworzenia metod projektowania technologii oraz procedury tworzenia metod wykonawstwa na poziomie warsztatu składają się na aktualny paradygmat tej sfery działalności ludzkiej. Warstwa metodyczna, według

przyjętego przeze mnie rozróżnienia, obejmuje aktualne metody projektowania, pomiarów, mechanizacji, automatyzacji i robotyzacji wytwarzania, komputerowe wspomaganie projektowania i realizacji technologii, metody działania maszyn technologicznych itp. Jako warstwę merytoryczną rozumie się zaś, różnego rodzaju technologie w aspekcie ich fizykalnej czy fizykalno – chemicznej istoty, przykłady czego zostały już wymienione na początku.

Obserwowany w ostatnich czasach trend dotyczący zmian stosowania materiałów konstrukcyjnych wynika nie tylko z coraz wyższych i różnorodnych wymagań stawianych materiałom na części maszyn i urządzeń, zwłaszcza w przemyśle lotniczym, motoryzacyjnym i kosmicznym, przez eksploatatorów i konstruktorów, ale również odzwierciedla współczesne podejście do zrównoważonego rozwoju uwzględniające ochronę środowiska naturalnego przez ograniczenie zużycia surowców pierwotnych oraz zmniejszenie ilości odpadów. Przykładem ilustrującym tę drugą przesłankę mogą być kompozyty, w których jako napełniacze stosowane są odpady, między innymi z procesów obróbki metalowych części maszyn. Wprowadzenie takich odpadów do procesów produkcji kompozytów polimerowych może prowadzić do uzyskania nowych materiałów o niespotykanych dotąd właściwościach. Kompozyty polimerowe, coraz częściej stosowane w nowoczesnych konstrukcjach, zwiększają swoje znaczenie, zastępując tradycyjne materiały. Dzięki swoim zróżnicowanym właściwościom, materiały te znajdują zastosowanie w produkcji zaawansowanych technologicznie wyrobów, również codziennego użytku. Należy podkreślić, że kompozyty polimerowe można dostosowywać do zróżnicowanych wymagań funkcjonalnych, co czyni je uniwersalnymi w różnorodnych zastosowaniach. Można racjonalnie przewidywać, że istnieje potencjalny obszar zastosowania kompozytów polimerowych z napełniaczami w postaci wiórów metalowych badanych przez Doktoranta. Mogą to być, na przykład: różnego rodzaju obudowy, elementy wykończenia wnętrz, radiatory w elektronice, panele elewacyjne w budownictwie itp.

Opisanie więc i poznanie istoty procesów determinujących technologię wytwarzania oraz obróbki skrawaniem kompozytów polimerowych z napełniaczami w postaci wiórów metalowych może dawać znakomitą perspektywę do świadomego sterowania ich właściwościami, a także stwarzać potencjał praktycznego wykorzystania tej wiedzy na poziomie warsztatu.

Recenzowana dysertacja, w której Autor bada wpływ napełniaczy w postaci wiórów aluminiowych i mosiężnych na właściwości mechaniczne, termiczne i proces obróbki skrawaniem kompozytów polimerowych mieści się, przeto w zasadniczym nurcie współczesnych kierunków poszukiwań, co do możliwości recyklingu odpadów po obróbce skrawaniem oraz samej obróbki skrawaniem narzędziami o zdefiniowanej geometrii ostrza. Ponadto, jeżeli zgodzić się, że wytwarzanie części maszyn, to transformacja kształtowo-wymiarowa materiału obrabianego, to tematyka niniejszej pracy wpisuje się w ogólny nurt wysiłków badawczych mających na celu racjonalizację procesów zagospodarowania odpadów poprodukcyjnych oraz procesów wytwarzania.

Wymienione okoliczności poczytuję przeto za potwierdzenie **trafności i sensowności wyboru tematyki badawczej**. Uzasadnieniem tej opinii jest nie tylko sam fakt usytuowania pracy na szerszym tle formułowanych obecnie wyzwań i wykonywanych badań, ale i to, że podejmowana w rozprawie doktorskiej tematyka szczegółowa rokuje nadzieje epistemologiczne, a także, co też ma szczególne znaczenie w kontekście rozpatrywanej tematyki, nadzieję na uzyskanie walorów użytecznych.

Liczący się w polskiej akademickiej społeczności technicznej ośrodek częstochowski wnosi twórczy wkład, m. in. w rozwój tych warstw inżynierii mechanicznej, które określam, jako metodyczną i merytoryczną. Inicjatywy wielu wcześniejszych znakomitych profesorów, są z powodzeniem rozwijane przez ich uczniów i są doskonale znane w środowisku zainteresowanych specjalistów. Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Krystiana Stachowiaka napisana pod kierunkiem dra hab. inż. Adama Gnatowskiego, prof. PCz powstała, więc na starannie przygotowanym i w wysokiej kulturze utrzymywanym gruncie wcześniejszego rozpoznania merytorycznego i metodycznego scharakteryzowanego powyżej obszaru inżynierii mechanicznej.

2.2. Analiza struktury rozprawy doktorskiej, przytoczonego piśmiennictwa, celów pracy, zastosowanych metod badawczych, przedstawionych wyników badań i potencjału ich zastosowania oraz osiągnięcia naukowego

Strukturę rozprawy stanowi siedem ponumerowanych rozdziałów, Wprowadzenie, wykaz symboli, skrótów i akronimów, bibliografia, spis rysunków, spis tabel, suplement oraz streszczenie

po polsku i po angielsku. **Układ pracy** jest prawidłowy - typowy dla prac analityczno-eksperymentalnych. Jeżeli chodzi o wykaz symboli, skrótów i akronimów, to uważam, że powinny być podane jednostki ujętych tu wielkości fizycznych, technologicznych i geometrycznych. Poza tym określenia niektórych parametrów chropowatości powierzchni różnią się od tego, co jest w dalszej części tekstu pracy. Dotyczy to, np. parametrów objętościowych, *Ra*, *Rz* itp. Akronimy DSC i DMTA powinny mieć rozwinięcie w oryginalnej nazwie, od której zostały utworzone.

Tytuł dysertacji jest zgodny z jej treścią, choć jego sformułowanie mogłoby być krótsze i bardziej konkretne, wskazujące, że chodzi o zastosowanie wiórów metalowych, jako wypełniaczy. Nasuwa mi się następująca propozycja – zamiast „Analiza badawcza i możliwości wykorzystania odpadów z recyklingu jako...” można by dać „Badanie możliwości zastosowania wiórów metalowych jako...” Ale jest to kwestia, którą zawsze można dyskutować. Poza tym nie bardzo rozumiem, co formułujący tytuł rozumieli pod pojęciem „analiza badawcza”.

Wprowadzenie do pracy, stanowiące faktycznie pierwszy jej rozdział, napisane jest zwięźle i poprawnie merytorycznie, z wyjątkiem kilku potknięć stylistycznych i interpunkcyjnych oraz niejasnością, co Autor miał na myśli wymieniając „lekkość”, jako cechę kompozytów. Doktorant przedstawia tu uzasadnienie podjęcia własnych badań.

Analiza piśmiennictwa z zakresu podjętej tematyki została przedstawiona w rozdziale pierwszym podzielonym na dziewięć podrozdziałów. Oceniam ją, jako solidnie wykonaną i obszerną. Autor charakteryzuje state of the art w obszarze tematyki dysertacji, prezentując następujące zagadnienia: definicja i elementy budowy kompozytów polimerowych; metody otrzymywania kompozytów o osnowie polimerowej; recykling tworzyw sztucznych i metali kolorowych; obróbka wiórowa kompozytów - narzędzia i parametry procesu; tworzywa polimerowe do obróbki skrawaniem - właściwości i zastosowanie; właściwości stopów aluminium i miedzi przeznaczonych do obróbki skrawaniem; właściwości mechaniczne kompozytów polimerowych z wypełniaczami metalowymi i ich wpływ na proces obróbki skrawaniem; topografia powierzchni po obróbce skrawaniem; badania tomograficzne kompozytów polimerowych. Dobór prezentowanych zagadnień jest prawidłowy i moim zdaniem pozwala na rekonstrukcję dotychczasowego stanu wiedzy w rozpatrywanym zakresie oraz stanowi solidną podstawę dla określenia obszaru badań własnych. Jest to także właściwa baza wiedzy do sformułowania

własnego zagadnienia badawczego. Wachlarz prac analizowanych przez Doktoranta jest stosunkowo obszerny. Szkoda, że rozdział ten nie jest zakończony wnioskami stanowiącymi podsumowanie analizy literatury. Sformułowane wnioski pozwoliłyby z pewnością na identyfikację niszy badawczej, co w wyraźny sposób stanowiłoby motywację do podjęcia własnej aktywności badawczej. Mimo tego, tę część rozprawy oceniam jako poprawną, choć mam drobne zastrzeżenia, co do stylistyki i interpunkcji, które uwidocznilem w tekście pracy. Poza tym nasuwają mi się jeszcze następujące uwagi, zapytania i sugestie:

- 1) str. 9 – tytuł tego rozdziału lepiej byłoby sformułować „Analiza literatury”; celem autora, bowiem ma być nie tylko przeglądnięcie stosownych pozycji literaturowych, ale charakterystyka ich treści i analiza prowadząca do wyciągnięcia wniosków przydatnych do wytyczenia kierunku badań własnych;
- 2) str. 14 – określenie „przemysł obróbkowy” jest raczej niespotykane;
- 3) str. 16, wiersz 12d – co oznacza „przylegało tylko ostrze”?; chyba chodzi o krawędź skrawającą, a nie całe ostrze;
- 4) str. 18, wiersz 11d – co to znaczy „zewnątrzne ostrza”?
- 5) str. 19, wiersz 5g – brakuje słów w zdaniu;
- 6) str. 23, wiersz 5g – zamiast „cięcia” powinno być „skrawania”;
- 7) str. 23, wiersz 4d – co to jest „kął osiowy”?
- 8) rys. 1.9 jest mało czytelny i pewnie dlatego nie widać różnic między pokazanymi frezami;
- 9) str. 26, wiersz 5g – zamiast „napięć” powinno chyba być „naprężeń”;
- 10) str. 28 – brak źródła, na podstawie którego przedstawione są cechy Al.

W rozdziale drugim mgr inż. Krystian Stachowiak przedstawia cel i zakres pracy. Doktorant na stronie 43. stwierdza, że **celem pracy** jest „analiza wpływu napętniacza na proces obróbki skrawaniem oraz na zmiany własności mechanicznych i termicznych wytworzonych metodą prasowania kompozytów polimerowych na bazie stopów aluminium i mosiądzu”. Punkt dojścia wysiłków badawczych Doktoranta, czyli cel pracy, sformułowany jest stosunkowo zwięźle i jasno. Chociaż uważam, że w tym kontekście zamiast słowa „własności” powinno być „właściwości”, ponieważ słowo „własność”, jako termin stosowany w prawie oznacza najszersze, podstawowe prawo rzeczowe, pozwalające właścicielowi korzystać z rzeczy i rozporządzać nią z wyłączeniem innych osób. Z drugiej strony zaś, w dziedzinach ścisłych zwraca się szczególną uwagę na prawidłowe użycie tych słów, ponieważ własność odnosi się do cech pewnej klasy, natomiast

właściwość do cech konkretnych przedstawicieli (obiektów) danej klasy. Sądzę, że tu zachodzi ten drugi przypadek. Mgr inż. Krystian Stachowiak nie podjął próby wyraźnego zwerbalizowania **problemu naukowego**. Na podstawie lektury pracy można stwierdzić, że rozważany w dysertacji problem naukowy, to nieznaną wpływ napętniaczy w postaci włórnów aluminowych i mosiężnych na właściwości mechaniczne, termiczne i proces obróbki skrawaniem kompozytów polimerowych. Ten fragment pracy łącznie z analizą literatury odczytuję, jako fundament intelektualnej konstrukcji budowanej przez Autora. Sformułowane na stronie 44. **tezy pracy** są dobrze ugruntowane w przedstawionym wcześniej materiale i stanowią uzupełnienie tej konstrukcji, chociaż sformułowanie tezy nr 2 jest zawite, stąd niezbyt jasne. Na koniec analizy tego rozdziału jeszcze jedna sugestia - z punktu widzenia komunikatywności treści pracy dobrze byłoby umieścić schemat blokowy struktury całości prezentujący logiczne następstwo poszczególnych etapów rozprawy.

Zasadniczą część rozprawy z punktu widzenia etapów badania naukowego stanowią rozdziały, w których Autor referuje **metodykę, wyniki i analizę wyników badań własnych**, tj. 3, 4, 5 i 6.

W rozdziale trzecim o charakterze metodycznym i bardzo wyczerpująco opracowanym, Doktorant przedstawił charakterystykę materiałów zastosowanych w badaniach, metody badań właściwości termicznych i termomechanicznych, cyfrowe techniki mikroskopowe w badaniach powierzchniowych, zaawansowane optyczne techniki mikroskopowe, sposób zastosowania tomografii komputerowej w analizie strukturalnej kompozytów, metody pomiaru twardości i udarności materiałów kompozytowych oraz metodykę obróbki skrawaniem badanych kompozytów. Podejście metodyczne oceniam, jako trafne i przystające do założonego celu pracy.

W rozdziale czwartym mgr inż. Krystian Stachowiak przedstawił zastosowany sposób formowania kompozytów metodą prasowania oraz zestawienie uzyskanych próbek.

Rozdział piąty poświęcony jest przedstawieniu wyników oceny dynamicznych właściwości mechanicznych, wyników analizy termicznej oraz wyników dotyczących twardości i udarności wyprasek kompozytowych. Wyniki te przedstawione są w sposób klarowny. Rozdział zakończony jest czytelnie i rzeczowo sformułowanymi wnioskami.

W rozdziale szóstym Doktorant przedstawił wyniki pomiarów parametrów chropowatości powierzchni i obserwacji mikroskopowych otrzymanych próbek. W początkowej części tego rozdziału pokazane są stereometryczne obrazy próbek oraz podane wartości parametrów chropowatości powierzchni dla badanych konfiguracji osnowa – napełniacz. W dalszej części mgr inż. K. Stachowiak referuje wyniki mikroskopowych obserwacji powierzchni próbek, przed obróbką skrawaniem oraz po tej obróbce, z zastosowaniem powiększenia 50x. Celem jest ogólna ocena jakości powierzchni, jednorodności struktury oraz identyfikacja potencjalnych defektów. Następnie przedstawione są wyniki tomograficznej oceny struktury badanych kompozytów. Autor podaje wartości procentowego udziału osnowy polimerowej, napełniacza metalicznego, pustek oraz zanieczyszczeń w badanych próbkach. Rozdział zakończony jest wnioskami.

Moje uwagi, sugestie i zapytania do tej części pracy są następujące:

- 1) str. 51, wiersz 7d – zamiast „procesów produkcyjnych” lepiej byłoby w tym przypadku użyć sformułowania „procesów wytwarzania”;
- 2) rys. 3.7 jest mało komunikatywny, brak bowiem opisu poszczególnych elementów stanowiska;
- 3) rys. 3.9 – jest zbyt mała czcionka opisu;
- 4) prawa część rys. 4.2 jest mało widoczna;
- 5) str. 62, wiersz 13d – powtórzone zdanie;
- 6) str. 68, wiersz 4d – pomyłka w numeracji rysunku: powinno być rys. 5.2;
- 7) str. 97, wiersz 6g – jest „właściwości funkcyjne”, powinno być raczej „właściwości funkcjonalne”; zgodnie ze „Słownikiem języka polskiego PWN” „funkcjonalny” oznacza 1. «dobrze spełniający swoją rolę, mający funkcję użytkową, użyteczny, przydatny, 2. «dotyczący funkcji – działania, funkcjonowania, roli czegoś», funkcyjny zaś, to: 1. «dotyczący funkcji, zastosowania czegoś», 2. «dotyczący pełnionej funkcji, obowiązków», 3. «pełniący określoną funkcję o charakterze porządkowym», 4. «dotyczący funkcji matematycznej»;
- 8) str. 97, wiersz 12g – zamiast „techniki obróbki” powinno być „sposoby obróbki skrawaniem”;
- 9) str. 97, wiersz 16g – co to jest „prędkość obróbki”?
- 10) str. 97, wiersz 18g – zamiast „optymalne parametry” powinno być „optymalne wartości parametrów”;
- 11) str. 152, wiersz 10g – trudno zgodzić się z Autorem, że stereometria powierzchni jest zaawansowaną techniką analityczną.

Poza tym chciałbym sformułować prośbę o wyjaśnienia o nieco ogólniejszym charakterze, które mogłyby być przedmiotem wypowiedzi doktoranta oraz dyskusji w trakcie obrony:

- 1) w jaki sposób uzyskiwano wióry?
- 2) proszę rozwinąć kwestię potencjalnego zastosowania badanych kompozytów;
- 3) jakie jeszcze inne właściwości badanych kompozytów należałoby zidentyfikować w kontekście potencjalnych obszarów ich zastosowania?

Na podstawie przeprowadzonej dotąd analizy można podjąć próbę rekonstrukcji **osiągnięcia naukowego rozprawy**. Jako elementy tego osiągnięcia widocznie odróżniające je od aktualnego stanu wiedzy w rozpatrywanej problematyce i w przyjętym zakresie badań oraz świadczące o oryginalności rozprawy uważam:

- wykazanie znaczącego wpływu zawartości frakcji oraz rodzaju napełniacza metalowego w kompozytach z osnową polimerową (PA6 i PEEK) na właściwości i strukturę wewnętrzną; ma to istotne znaczenie w kontekście standaryzacji i ich potencjalnego zastosowania;
- wykazanie, że zmiany topografii powierzchni badanych kompozytów generowane przez zmiany frakcji i zawartości napełniacza po obróbce skrawaniem mogą wykazywać porównywalne trendy, jak w przypadku obróbki materiałów jednorodnych, pod warunkiem odpowiedniego doboru frakcji i zawartości napełniacza;
- wykazanie, że parametry obróbki skrawaniem, mają podobny wpływ na przebieg procesu obróbki kompozytów polimerowych z napełniaczami metalowymi oraz uzyskiwane efekty, jeżeli chodzi o topografię powierzchni, jak to samo w odniesieniu do materiałów jednorodnych;
- wykazanie, że dobór odpowiedniej frakcji napełniaczy metalicznych jest kluczowy dla uzyskania pożądanej jednorodności struktury, odpowiednich właściwości mechanicznych oraz powierzchniowych badanych kompozytów.

Na podkreślenie zasługuje to, że Autor zastosował w swojej pracy adekwatne do potrzeb narzędzia formalne dotyczące opracowania i analizy wyników. Mgr inż. Krystian Stachowiak wykazał się bardzo dobrym opanowaniem zagadnień w rozważanym przez siebie obszarze.

Rozdział siódmy zatytułowany jest *Wnioski i uwagi końcowe*. Doktorant w pierwszej części przedstawia w bardzo syntetycznym ujęciu zakres wykonanych prac. Dalej przedstawia odpowiedzi na postawione trzy tezy pracy oraz jakościową charakterystykę właściwości badanych kompozytów. Wspomina również o potencjalnych możliwościach ich zastosowania. W końcówce tego rozdziału

Autor szkicuje kierunek dalszych badań. Z punktu widzenia komunikatywności tekstu oraz istoty pracy doktorskiej, jako dzieła, w ramach którego należy rozwiązać problem naukowy, lepiej byłoby, zgodnie z tradycją akademicką, aby podzielić wnioski na: dotyczące odpowiedzi na tezy pracy oraz wnioski poznawcze, utylitarne i dotyczące kierunku dalszych badań. Mam zapytanie, co Autor miał na myśli pisząc, na stronie 155 w wierszu 11g, o materiałach o wysokiej wydajności.

Co do całości tekstu nasuwają mi się jeszcze następujące uwagi:

1. brak wyraźnego sformułowania problemu naukowego pracy;
2. zdarza się niewłaściwe używanie niektórych słów, np.: niski, gdy lepiej byłoby mały – np. na str. 26, 29, 89, 104, 137, 144, 149, 152; freza zamiast frezu – str. 59; najwyższy, gdy lepiej byłoby największy – np. na str. 69, 70, 71, 76, 79, 81, 82, 104, 123; wyższe, gdy lepiej byłoby większe – np. na str. 70, 78, 104; najniższe zamiast najmniejsze – np. na str. 72, 77, 81, 104; niższy, gdy lepiej byłoby mniejszy – np. na str. 76, 141.

Bibliografia zamieszczona w końcowej części rozprawy jest dość obszerna i zawiera łącznie 120 pozycji. Niektóre pozycje, przede wszystkim te dotyczące artykułów w czasopiśmie, np. [2], [30], [42], [60], [92] są niekompletne.

3. Ogólna ocena rozprawy

Przedstawiona analiza rozprawy zawiera wystarczające, moim zdaniem przesłanki do sformułowania oceny. Treść rozprawy jest zgodna z tematem zaakceptowanym przez Radę Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna z Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Informatyki Politechniki Częstochowskiej. Podjęty temat jest ważny zarówno z poznawczych, jak i praktycznych względów i opracowany został w sposób wyczerpujący. Sformułowane w niniejszej recenzji uwagi nie umniejszają wartości materiału dowodowego pracy, w większości albowiem odnoszą się do sposobu prezentacji uzyskanych wyników lub są kanwą do dyskusji z Autorem. Nie mogą więc stanowić podstawy do kwestionowania wartości pracy.

Pod względem metodycznym rozprawa jest poprawna. Literatura specjalistyczna została dobrana trafnie. Układ rozprawy i podział treści między poszczególne rozdziały jest logiczny. Zbiór pojęciowy, jakim posługuje się Autor, jest w zasadzie poprawny. Strona ilustracyjna pracy jest

przeważnie dobrej jakości. Redakcja rozprawy jest poprawna. W dostarczonym do recenzji egzemplarzu stwierdziłem jednak błędy korektorskie, stylistyczne, interpunkcyjne i drobne nieścisłości. Najważniejsze z nich wyszczególniłem w poprzednim rozdziale.

Godna podziwu jest pracowitość doktoranta. Mgr inż. Krystian Stachowiak wykonał wartościową pracę badawczą i wykazał się dobrą znajomością warsztatu naukowego. W rozprawie zaplanował i wykonał prace przygotowawcze oraz obszerne badania eksperymentalne, w sposób czytelny przedstawił ich wyniki, wykonał analizę otrzymanych rezultatów opatrując je stosownymi komentarzami. Udowodnił zatem, że potrafi w skuteczny sposób wykonywać badania naukowe dotyczące technologii kompozytów oraz obróbki skrawaniem. Przedstawione wyniki badań mają również **walor praktycznego zastosowania**.

Warunkiem dysertabilności rozprawy doktorskiej jest jej związek z problemem metodologicznym, metodycznym lub poznawczym bezpośrednio lub pośrednio wpływającym na stan wiedzy. W przypadku recenzowanej rozprawy warunek ten jest spełniony pod względem drugiego i trzeciego aspektu, co wykazałem w przedstawionej analizie. Praca jest w wystarczającym stopniu poprawna metodologicznie, gdyż zawiera elementy, które w metodologii nauk określa się jako etapy badania naukowego.

Na podstawie analizy rozprawy można stwierdzić, że Doktorant jest przygotowany do prowadzenia samodzielnej pracy naukowej. Mgr inż. Krystian Stachowiak wydatnie poszerzył swoją ogólną wiedzę dotyczącą warsztatu badawczego w zakresie technologii kompozytów, w szczególności kompozytów polimerowych oraz obróbki skrawaniem. Poza tym wykazał się również, choć w niewielkim stopniu, aktywnością, jeżeli chodzi o rozpowszechnianie wyników swoich badań przez publikacje w czasopismach naukowych. Na podkreślenie zasługują jednakże dwa zgłoszenia patentowe.

Podsumowując moją ocenę stwierdzam, że rozprawa:

- **spełnia wymóg oryginalnego rozwiązania przez Autora zagadnienia naukowego,**
- **spełnia wymóg wykazania ogólnej wiedzy teoretycznej w uprawianej dyscyplinie**
- **oraz wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia przez Autora pracy naukowej.**

4. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska jest oryginalnym osiągnięciem mgra inż. Krystiana Stachowiaka i stanowi istotny wkład w rozwój badań nad technologią otrzymywania i obróbką skrawaniem elementów z kompozytów tworzywo sztuczne - metal, w szczególności z napelniającami w postaci wiórów aluminiowych oraz mosiężnych.

W świetle dokonanej analizy i sformułowanych ocen stwierdzam, że rozprawa mgra inż. Krystiana Stachowiaka pt. *Analiza badawcza i możliwości wykorzystania odpadów z recyklingu jako napelniający kompozytów polimerowych przeznaczonych do obróbki skrawaniem* spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące w tym względzie aktualne przepisy (ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668)) oraz tradycję akademicką i może stanowić podstawę do nadania jej Autorowi stopnia naukowego doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie *Inżynieria mechaniczna*. Może być przeto dopuszczona do publicznej obrony.