

UNIwersYTET ZIELONOGÓRSKI
WYDZIAŁ MECHANICZNY
INSTYTUT INŻYNIERII MECHANICZNEJ
Katedra Materiałoznawstwa, Technologii
i Eksploatacji Maszyn

dr hab. inż. Radosław MARUDA,
profesor Uniwersytetu Zielonogórskiego

ul. Licealna 9, 65-417 Zielona Góra
tel. (68) 328 25 65
e mail: r.maruda@iim.uz.zgora.pl

Zielona Góra, 18.07.2024 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgra inż. Marcina GOŁASZEWSKIEGO pt.

***„Modelowanie procesu mikrofrezowania części
wytworzonych technologiami przyrostowymi”***

Podstawą opracowania recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie dr hab. inż. Krzysztofa Danileckiego, prof. ZUT z dnia 3 lipca 2024 roku (L.dz.WIMiM/196/2024) na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie z dnia 25 czerwca 2024 roku.

1 Charakterystyka rozprawy doktorskiej

Poszukiwanie metod poprawy wydajności i efektywności procesów produkcyjnych jest niewątpliwie koniecznością w przedsiębiorstwach, w których wykorzystywana jest obróbka skrawaniem. Zakres, charakter i sposób realizacji podjętych działań może różnić się w zależności od profilu przedsiębiorstwa, jego wielkości itp., ale zawsze sprowadza się do wdrożenia w przedsiębiorstwie nowej technologii. Wytwarzanie detali metodami obróbki

skrawaniem jest jedną z dynamicznie rozwijających się metod wytwarzania. Łączny udział obróbki skrawaniem w przemyśle maszynowym jest obecnie oceniany na około 50% i według prognoz Międzynarodowej Akademii Inżynierii Produkcji (CIRP) udział ten w najbliższym czasie będzie jeszcze większy. Wynika to z rosnących możliwości zastosowań procesów obróbki ubytkowej, uzyskiwanych dokładności wymiarowych i jakości powierzchni.

Rosnące zapotrzebowanie na produkcję zminiaturyzowanych części o wymiarach od kilkudziesięciu mikronów do kilku milimetrów przyczyniło się w ostatnich latach do rozwoju technologii mikroobróbki. Technika ta obejmuje głównie procesy toczenia, wiercenia i frezowania. W tym kontekście mikrofrezowanie jest szczególnie istotne, zwłaszcza podczas obróbki detali wytworzonych procesem selektywnego spiekania proszków metalicznych SLM. Technologia SLM pozwala na tworzenie złożonych i precyzyjnych detali z metali i stopów technicznych, jednak same detale często wymagają dodatkowej obróbki wykończeniowej, aby osiągnąć ostateczne wymiary i jakość powierzchni. Obecnie głównym obszarem zastosowania mikrofrezowania jest produkcja elementów wykonanych ze stopów tytanu i stali nierdzewnych przeznaczonych dla przemysłu biomedycznego, takich jak implanty kości i stawów lub części układu nerwowo-naczyniowego jak również w elektronice przy produkcji mikroukładów w urządzeniach fotolitograficznych.

W nowoczesnym przemyśle coraz większy nacisk kładzie się na zamknięcie procesu produkcyjnego w obrębie jednej zautomatyzowanej linii produkcyjnej. Integracja różnych etapów produkcji w jednym miejscu pozwala na zwiększenie wydajności, redukcję kosztów oraz minimalizację błędów wynikających z konieczności przenoszenia elementów między różnymi stanowiskami. Podobnie, wytwarzanie hybrydowe łączący technologię SLM i mikrofrezowanie staje się nowym trendem, który dąży do tworzenia maszyn hybrydowych zdolnych do realizacji całego procesu produkcyjnego. Mikrofrezowanie w tym kontekście odgrywa nieocenioną rolę w uzyskiwaniu wysokiej jakości powierzchni i precyzyjnych wymiarów, co jest niezbędne w wielu nowoczesnych aplikacjach.

Recenzowana dysertacja, w której Autor podjął się problemu naukowego polegającego na budowie modelu sił oraz struktury geometrycznej powierzchni obrobionej podczas procesu mikrofrezowania ze szczególnym uwzględnieniem podatności mikronarzędzia oraz topografii powierzchni obrabianej przygotówki wykonanej metodą selektywnego spiekania proszków metalicznych (SLM) mieści się w zasadniczym nurcie współczesnych kierunków badań inżynierskich. Tematyka badań jest aktualna i zyskuje coraz bardziej na popularności ze względu na coraz większe zainteresowanie wynikające z potrzeb przemysłu oraz paradygmatu w inżynierii powierzchni polegającego na zwiększeniu jakości powierzchni obrobionej detali wytworzonych metodą selektywnego spiekania proszków metalicznych. Recenzowana rozprawa doktorska mgra inż. Marcina Gołaszewskiego powstała na starannie przygotowanym gruncie wcześniejszego rozpoznania merytorycznego. Doktorant mgr inż. Marcin Gołaszewski w swojej rozprawie doktorskiej zajął się niezwykle ciekawą, aktualną i przyszłościową tematyką połączenia struktury geometrycznej powierzchni przygotówki wykonanej metodą SLM na siły skrawania rejestrowane w trakcie procesu poprzez budowę modelu geometrycznego mikrofrezowania narzędziem o dowolnej geometrii z uwzględnieniem trajektorii frezu. Na podkreślenie wkładu Autora w dyscyplinę inżynierii mechanicznej jest innowacyjne podejście do rozkładu sił w strefie frezu. Pan mgr inż. Marcin Gołaszewski

wykonał badania doświadczalne z wykorzystaniem mikrofrezów o zróżnicowanej geometrii, które miały na celu weryfikację zbudowanych modeli.

Wymienione wyżej okoliczności potwierdzają trafność i sensowność wyboru tematyki badawczej. Uzasadnieniem wspomnianej trafności wyboru jest nie tylko sam fakt usytuowania pracy na szerszym tle ogólnoświatowych badań naukowych, ale również to, że podejmowana w rozprawie doktorskiej tematyka rokuje nadzieje epistemologiczne oraz dużą nadzieję na uzyskanie walorów utylitarnych.

Strukturę stanowi wykaz ważniejszych oznaczeń, siedem numerowanych rozdziałów, bibliografia oraz streszczenie w języku polskim i angielskim. Układ pracy jest prawidłowy – typowy dla prac związanych z budową modeli i ich weryfikacją poprzez przeprowadzone badania eksperymentalne. **Tytuł dysertacji** jest zgodny z jej treścią, choć być może dobrze byłoby zasygnalizować zastosowaną metodę selektywnego spiekania proszków metalicznych SLM. Moim zdaniem niefortunnym sformułowaniem jest w tytule „procesu mikrofrezowania”, ponieważ frezowanie samo w sobie jest już procesem. Wtedy tytuł mógłby brzmieć: „Modelowanie mikrofrezowania części wytworzonych metodą selektywnego spiekania proszków metalicznych”. Wyeksponowane w odrębnym punkcie **tezy pracy**, są dobrze ugruntowane w dotychczasowym stanie wiedzy, nie mają charakteru trywialnego, ale niestety niezrozumiałym jest sformułowanie „wnioskować na temat” użyte w drugiej tezie pomocniczej. W mojej opinii druga teza pomocnicza mogłaby zostać pominięta, ponieważ jest odwróceniem tezy głównej. **Cel pracy** sformułowany na stronie 29 podany jest w sposób jasny, zawierający jednocześnie aspekt naukowy. **Zakres badań** przedstawiony został w sposób wystarczający, gdzie Autor w głównej mierze skupił się na osiągnięciu założonego celu pracy oraz udowodnieniu postawionych tez pracy. **Wprowadzenie** napisane jest przekonująco oraz w jasny sposób.

Analiza aktualnego stanu wiedzy z zakresu podjętej tematyki przedstawiona została w rozdziale drugim. Dobór analizowanych zagadnień jest prawidłowy i jest odzwierciedleniem dotychczasowego stanu wiedzy. Stanowi podstawę do określenia obszaru badań własnych Autora. Jest to także właściwa baza wiedzy do sformułowania przez Autora tez pracy. Układ tej części rozprawy oceniam jako logiczny, choć mam pewne uwagi szczegółowe:

- 1) Str. 5 – przy definicji F_t powinno być „składowa” a jest „kładowa”.
- 2) Str. 5. – dlaczego Autor nie stosował w oznaczenia głębokości skrawania ae oraz ap indeksów dolnych i wówczas powinno stosować się zapis a_p oraz a_e .
- 3) Str. 5 – niezrozumiałym jest brak w wykazie oznaczeń parametrów chropowatości powierzchni obrobionej, których Autor wielokrotnie używa pracy.
- 4) Str. 6 – we wprowadzeniu stwierdzono kilka niefortunnych zapisów, np. „do niniejszej pracy” – proszę przeczytać zdanie bez tego sformułowania, „w ostatnich latach i dekadach” – czy lata nie są zawarte w dekadach, „odciska swoje piętno” – to nie jest język inżyniera, „w Polsce i na Pomorzu” – czy Pomorze nie znajduje się na terytorium Polski? itp.
- 5) Str. 6 – wszystkie użyte skróty po raz pierwszy powinny być rozwinięte, np. „...kierownicy w układach EPS...”, ponieważ Autor nie ujął skrótów w wykazie ważniejszych oznaczeń, a jedynie zawęził w pracy doktorskiej tylko do przedstawienia ważniejszych oznaczeń.

- 6) Str. 11 – w całej pracy stwierdzono jednostkę um. Prawidłowo powinno być μm ; Dodatkowo pomiędzy wartością a jednostką Autor powinien zastosować spację i prawidłowo powinno być zapisane: 1 μm .
- 7) Str. 12 – Autor podając wartość stosując kropkę zamiast przecinka, np. 2.6 a powinno być 2,6. Kropkę należy stosować, gdy piszemy w języku angielskim.
- 8) Str. 12 – jak Autor rozumie pojęcie „...otrzymania powierzchni o bardzo niskich chropowatościach...”, czy może chodziło o sformułowanie „otrzymania powierzchni z mniejszymi wartościami wybranych parametrów chropowatości...”?
- 9) Str. 15 – Autor stosuje często powołanie się dwa razy na rysunek, np. „... warstwy skrawanej przedstawiono na rysunku (Rys. 2.2b) – a powinno być: „... warstwy skrawanej przedstawiono na rys. 2.2b”.
- 10) Str. 25 – w wielu miejscach pracy Autor używa podwójnych wyjaśnień dotyczących rysunku, np. rys. 2.4, ponieważ zarówno opis znajduje się pod rysunkiem jak również w podpunktach a i b nad rysunkami.
- 11) Str. 28 – proszę wyjaśnić jaki rodzaj stali chciał przedstawić Autor na rys. 2.6, ponieważ stwierdzono zapisy: stale utwardzone, stale nierdzewne i stale.

Przywołania literatury przedstawione przez Autora utrudniają czytelność pracy w kilku przypadkach, zwłaszcza gdy jest ich kilkanaście na raz, np. [83–86]. Natomiast przy powoływaniu się na istotne dla tematyki prace należy wymienić nazwisko autora danej pracy np. str. 13 – Tie i in. [19].

Autor w bardzo wielu miejscach zamiast słowa mniejsze używa niższe lub zamiast większe słowa wyższe. Zgodnie z zasadami pisowni słowa wyższy i niższy zarezerwowane są dla wzrostu a w pracach naukowych mniejsze i większe. W kilku przypadkach zastosowano również skróty myślowe, np. str. 9: „dostrojenie układu” – (jakiego układu?) lub „wnioskować o chropowatościach” – niefortunne sformułowanie itp. W podpisach do rysunków brakuje zawsze kropki, np. str. 12: „Rys. 2.1 Obszar definiujący...” a powinno być: „Rys. 2.1. Obszar definiujący...”. Nie używając kropki, czytelnik może przeczytać: „Rysunek dwa. Pierwszy obszar definiujący...” itd. Autor ingerując w rysunki z czasopism zachodnich (np. rys. 2.6 – str. 28 i inne) powinien do podpisu pod rysunkiem dodawać zapis „Opracowanie własne na podstawie [40]”, ponieważ zmienia już oryginalność rysunku.

Zasadniczą część rozprawy z punktu widzenia etapów badań naukowych stanowią rozdziały, w których Autor referuje metodykę budowania modeli, wyniki i analizę wyników badań własnych. Należą do nich rozdziały 3, 4, 5, 6 i 7. W rozdziale trzecim „Teza, cel i zakres pracy” niepotrzebne przedstawione zostały informacje na str. 30, ponieważ są to zdania, które bardziej pasują do streszczenia rozprawy doktorskiej. Autor używa zwrotów: „Praca składa się z 7 rozdziałów...”, „W rozdziale pierwszym...” itd.

W rozdziałach cztery i pięć, Autor przedstawił algorytmy działania geometrycznego modelu mikrofrezowania oraz etapy modelowania. W mojej opinii oba rozdziały są bardzo mocną stroną pracy a Autor dokonał starannego wyjaśnienia wszystkich konfiguracji, które przyczyniły się do budowy poszczególnych modeli. Moje uwagi do tej części pracy są następujące:

- 1) Rozdział 4 – czy w opracowanym modelu uwzględniana jest również odmiana kinematyczna frezowania (współbieżne, przeciwbieżne)? Czy czynnik ten w opinii Doktoranta będzie wywierał jakikolwiek wpływ na przebiegi czasowe składowych siły całkowitej lub formowanie SGP?
- 2) Str. 35 – czy opracowane modele narzędzia (rys. 4.3) umożliwiają również przeprowadzenie symulacji procesu mikrofrezowania (np. oszacowania przebiegów czasowych sił, formowania SGP) dla różnej liczby ostrzy skrawających, nierównomiernej podziałki kątowej ostrzy?
- 3) Str. 69 – zaadaptowany model składowych siły całkowitej opisany równaniami 5.77 oraz 5.78 uwzględnia również wpływ prędkości skrawania oraz promienia zaokrąglenia krawędzi skrawającej. Czy Autor dokonał weryfikacji niniejszego modelu (względnie modelu generowania topografii powierzchni obrobionej) w zakresie zmiennych prędkości skrawania, oraz z zastosowaniem frezów ze zróżnicowanymi promieniami zaokrąglenia krawędzi skrawającej?
- 4) Str. 70 – w opracowanym oryginalnym modelu generowania topografii powierzchni po mikrofrezowaniu, Autor uwzględnił zarówno ugięcie narzędzia w kierunku osiowym oraz promieniowym. Czy dokonano weryfikacji w jakim stopniu (w badanym zakresie) ugięcie narzędzia w kierunku promieniowym wpływa ilościowo na zamodelowaną topografię powierzchni obrobionej (np. wartości parametrów S_a lub S_z)? Czy wpływ tego ugięcia jest większy, czy też mniejszy od wpływu ugięcia w kierunku osiowym?
- 5) Str. 87 – proszę wyjaśnić jaka była motywacja Autora lub aspekty praktyczne opracowania metodyki rekonstrukcji powierzchni obrobionej na podstawie rejestrowanych sił? Rozdział ten opisany został w sposób dość lakoniczny.

Rozdział szósty stanowi porównanie wyników dotyczących poprawności skonstruowanych modeli mikrofrezowania z wynikami badań doświadczalnych. Cały rozdział ułożony jest w poprawny z metodologicznego punktu widzenia ciąg. Wszystkie badania zostały przedstawione w sposób prawidłowy a ich wyniki bardzo dobrze zaprezentowane w sposób graficzny. Mocną stroną pracy jest wyjaśnienie powstawania zjawiska mechanizmu backcuttingu i powstawania anomalii w trakcie procesu. W mojej ocenie zabrakło jedynie bardziej szczegółowego podziału na podrozdziały w strukturze pracy doktorskiej na materiały użyte podczas badań, stanowisko badawcze, metoda badań, aparatura pomiarowa itd. Moje zapytania i uwagi do tej części pracy są następujące:

- 1) Str. 102 – Autor podaje w tabeli 6.2 wartości parametrów skrawania. Dlaczego wybrano takie wartości parametrów skrawania? Na str. 90 zaprezentowano rodzaj narzędzia oraz materiału obrabianego. Bardzo często producenci narzędzi podają zalecane parametry skrawania. Proszę o wyjaśnienie, czy wszystkie wartości parametrów skrawania są odpowiednie ze względu zarówno na materiał i geometrię narzędzia jak również rodzaj materiału obrabianego.
- 2) Str. 102 – w rozprawie doktorskiej zaprezentowano strategię obróbki dla zmiennej promieniowej głębokości skrawania. Niestety w pracy nie stwierdzono liczby powtórzeń dla poszczególnych prób w badaniach doświadczalnych. Czy każda próba była przeprowadzana tylko raz czy może była większa liczba powtórzeń? Czy zastosowano obróbkę statystyczną wyników?

- 3) Str. 103 – Autor wspomina o śladach backcuttingu a następnie podaje: „Mechanizm ten opisany jest w dalszych paragrafach”. Z punktu widzenia czytelnika najpierw powinno się opisać mechanizm. Niefortunnym zwrotem jest również użycie słowa paragraf, ponieważ jest to podstawowa jednostka redakcyjna tekstu prawnego.
- 4) Str. 107 – Autor podaje tytuł tab. 6.4 „Wskaźniki chropowatości w obszarach ...”. Chropowatość określana jest wartością parametrów a nie jak podano wskaźników. Nie podano nazwy dla parametrów Sa i Sz . Dlaczego Autor wybrał parametr Sa a nie parametr Sq ? Parametr Sq w odróżnieniu od parametru Sa jest to średnia kwadratowa wysokość powierzchni o ograniczonej skali i określana jest od powierzchni odniesienia jako odchylenie standardowe wysokości nierówności powierzchni. Odchylenie standardowe wskazuje, jak szeroko wartości jakiejś wielkości są rozrzucone wokół jej średniej. Im mniejsza wartość odchylenia tym obserwacje są bardziej skupione wokół średniej. Dodatkowo odchylenie standardowe jest pierwiastkiem kwadratowym z wariancji (parametr Sq) a średnia arytmetyczna - sumą liczb podzielonych przez ich liczbę (parametr Sa).
- 5) Str. 109 – W rozprawie doktorskiej stwierdzono zapis: „W wyższych partiach ostrza...” Proszę o wyjaśnienie co Autor rozumie przez wyższe partie ostrza? Może warto było przedstawić rysunek w podziałem ostrza na takie partie.
- 6) Str. 121 – w tab. 6.7 przedstawiono wartość współczynnika korelacji r . Proszę zwrócić uwagę, że r zgodnie z definicją statystyki nazywany jest jako liniowy współczynnik korelacji Pearsona. Niezrozumiałym jest również, dlaczego Autor obliczył średnią wartość r , ponieważ współczynnik ten służy wyłącznie do oceny kierunku i siły powiązania dwóch zmiennych ilościowych.
- 7) Str. 123 – Autor zastosował metodą najmniejszych kwadratów. Dlaczego zastosowaną akurat tą metodę, którą wykorzystuję się najczęściej do budowania modeli regresji liniowej prostej?
- 8) Str. 134 – zgodnie ze statystyką wzór na współczynnik determinacji R^2 równa się:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} .$$

Proszę wyjaśnić zatem zmianę we wzorze 6.35.

- 9) Str. 135 – Autor podaje: „Niska wartość rejestrowanej siły negatywnie wpływa na czułość modelu”. Proszę wyjaśnić, co Autor rozumie przez stwierdzenie „negatywnie wpływa”.
- 10) Str. 137 – dlaczego zastosowano dla osiowej głębokości skrawania oznaczenie ap_r , podczas gdy w wykazie oznaczeń jest oznaczenia ap ?
- 11) Str. 137 – w pracy podano, że obszar przygotówki wynosił 200 μm na 2000 μm . Dlaczego wybrano taki obszar?

Wnioski sformułowane na końcu pracy w rozdziale podsumowanie zostały przedstawione w sposób prawidłowy. Autor mógł tylko dokonać podziału na wnioski poznawcze, utylitarne i dotyczące dalszych badań. Wnioski końcowe są istotne z praktycznego punktu widzenia, natomiast niektóre punkty wniosków przedstawione są w sposób uproszczony, ponieważ wydają się być raczej obserwacyjne niż przedstawiające wartości

naukowe. Na podstawie wyników badań pewne ogólne i podstawowe wnioski naukowe powinny być przedstawione. Autor w bardzo widoczny sposób przedstawił odpowiedź na tezy pracy. Przed wnioskami brakuje moim zdaniem krótkiego podsumowania pracy. **Literatura** zamieszczona w końcowej części pracy jest bardzo obszerna. Autor analizuje i cytuje najnowszą światową literaturę, która została sformatowana jednakowo z zasadą kolejności cytowania.

Ogólne uwagi do rozprawy doktorskiej:

- 1) Wszystkie zmienne powinny być pisane kursywą.
- 2) W rozprawie doktorskiej zabrakło powołania się na inne prace podczas dyskusji wyników.
- 3) Autor niefortunnie używa kilkakrotnie nazewnictwa niski i wysoki w wielu miejscach rozprawy doktorskiej, np. str. 22 „... z wysokimi prędkościami...” – powinno być większymi.
- 4) Z punktu widzenia czytelnika korzystniejszy byłby styl numeracji rysunków odwołujących się do rozdziałów i podrozdziałów, np. Rys. 4.2.1. itd.

2 Ocena rozprawy doktorskiej

Omawiana rozprawa doktorska jest próbą oceny bardzo ważnego problemu badawczego. Autor zwraca uwagę na znaczenie zastosowania modelu geometrycznego mikrofrezowania narzędziem o dowolnej geometrii z uwzględnieniem trajektorii frezu oraz struktury geometrycznej powierzchni przygotówki wytworzonej technologią selektywnego spiekania proszków metalicznych. Przedstawione wyniki w recenzowanej rozprawie doktorskiej są na poziomie ponadprzeciętnym jak na zakres prac wykonanych przez Doktoranta. Jego praca jest samodzielna, co świadczy o dojrzałości naukowej i doświadczeniu w prowadzeniu prac badawczych. Pan mgr inż. Marcin Gołaszewski w swojej rozprawie opisał w spójny oraz logiczny sposób zaplanowane i zrealizowane zarówno prace związane z modelowaniem jak również i eksperymentalne. Doktorant w pełni zrealizował swój cel. Przedstawioną rozprawę ocenić można w dwóch aspektach: merytorycznym i edytorskim. Zaczynając od tego drugiego należy stwierdzić, że Autor posługuje się poprawnym językiem, słowa dobrane są w sposób przemyślany i ze zrozumieniem treści jakie ze sobą niosą. Rysunki wykonane są starannie oraz wplecione umiejętnie w całość. To sprawia, że zapoznanie się z zawartością rozprawy jest stosunkowo łatwe. Wczytując się natomiast w treść można dostrzec pewne drobne niedociągnięcia stylistyczne i literowe.

Przedstawiona analiza rozprawy dostarcza moim zdaniem wystarczających przesłanek do sformułowania oceny. Treść rozprawy jest zgodna z tematem zaakceptowanym przez Radę Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Podjęty temat jest ważny zarówno z poznawczych, jak i praktycznych względów i opracowany został w sposób nieprzeciętny. Uwagi sformułowane w niniejszej recenzji nie umniejszają wartości materiału dowodowego pracy, albowiem w większości odnoszą się do sposobu prezentacji uzyskanych wyników. 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

poszczególnymi rozdziałami jest logiczny, choć moim zdaniem, można by go nieco zmodyfikować, wykorzystując podane przeze mnie wcześniej sugestie. Zbiór pojęć, jakimi posługuje się Autor, jest poprawny. Zdarzają się pewne stylistyczne niedociągnięcia, które wynikają raczej z niezbyt fortunnego tłumaczenia z literatury anglojęzycznej. Strona ilustracyjna pracy nie budzi większych zastrzeżeń, jednak redakcja rozprawy wykazuje pewne niedociągnięcia. W dostarczonym do recenzji egzemplarzu stwierdziłem kilka błędów korektorskich, stylistycznych, gramatycznych oraz drobnych nieścisłości. Zazaczyłem to w tekście, a niektóre z nich przedstawiłem powyżej. Listę drobnych uwag dotyczących stylistyki, korekty i redakcji przekażę Autorowi.

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

Przedstawioną do oceny rozprawę oceniam pozytywnie jako pracę wartościową, zawierającą niezbędny materiał dla pracy doktorskiej. Podsumowując stwierdzam, że rozprawa Pana mgra inż. Marcina Gołaszewskiego:

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

3 Wniosek końcowy

Stwierdzam zatem, że praca Pana mgra inż. Marcina Gołaszewskiego pt. „Modelowanie procesu mikrofrezowania części wytworzonych technologiami przyrostowymi” (promotor: prof. dr hab. inż. Bartosz Powalka), spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.) i może być dopuszczona do publicznej obrony.

Dodatkowo, po zapoznaniu się z przedstawioną do oceny rozprawą doktorską stwierdzam, że stopień złożoności wykonanych badań oraz poziom merytoryczny pracy jaki został osiągnięty w wyniku jej realizacji jest podstawą do przyznania wyróżnienia.