



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, 5.01.2025r.

Recenzja nr 66/dr/SL
rozprawy doktorskiej mgr inż. Michała Zarzecznego pt.
Budowa inteligentnej obrabiarki do frezowania promieni soczewek

Podstawa opracowania recenzji: pismo nr WIMiM/318/2024 Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna z Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie dra hab. inż. Krzysztofa Danileckiego, prof. ZUT oraz stosowna umowa o dzieło.

Wymienione dokumenty odebrałem 19.11.2024 r.

1. Podstawowe dane dotyczące Kandydata

Mgr inż. Michał Zarzeczny w 2011 roku ukończył studia na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn, uzyskując tytuł magistra inżyniera w specjalności Komputerowo Wspomagane Projektowanie i Wytwarzanie Maszyn. W trakcie studiów zdobył również przygotowanie pedagogiczne. W 2020 roku rozpoczął studia w Szkole Doktorskiej na Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn.

Doświadczenie zawodowe zdobywał w latach 2010–2024, pełniąc kolejno funkcje: Konstruktor Mechanik w Autocomp Management sp. z o.o. (2010-2015), Kierownik Sekcji Optyki Instrumentalnej / Kierownik projektu w Autocomp Management sp. z o.o. (2015-2024). W trakcie swojej pracy zawodowej wykonał kilkanaście projektów, dotyczących między innymi maszyn do cięcia szkła optycznego, maszyn do obróbki soczewek cylindrycznych, czy też optyki instrumentalnej w zakresie projektowania i wytwarzania układów optycznych.

Kandydat jest autorem jednej publikacji oraz jednego zgłoszenia patentowego.

Zgodnie z oświadczeniem mgr inż. Michał Zarzeczny 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: *Budowa inteligentnej obrabiarki do frezowania promieni soczewek*. 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 działania konstrukcyjne i technologiczne w odniesieniu do specyficznych, bardzo precyzyjnych wyrobów, jakimi są soczewki optyczne. 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 fizycznej czy fizykalno – chemicznej istoty, przykłady czego zostały już wymienione na początku.

W kontekście czwartej rewolucji przemysłowej, znanej szerzej jako Przemysł 4.0, podejmowane badania nad implementacją automatyzacji i elementów sztucznej inteligencji w przemyśle odgrywają fundamentalną rolę. Idea Przemysłu 4.0, która już od niemal kilkunastu lat rozwija się dynamicznie, jest w istocie złożonym podejściem opartym na połączeniu inteligentnych maszyn i zaawansowanych systemów cyfrowych w celu uzyskania większej efektywności, elastyczności oraz precyzji operacyjnej. Integracja maszyn, systemów komputerowych oraz technologii Internetu Rzeczy (IoT) przynosi szczególne korzyści w sferach wymagających szczególnej uwagi ze względu na jakość wytwarzania. Założeniem koncepcji Przemysłu 4.0 jest nie tylko zwiększenie wydajności, ale także znaczne podniesienie poziomu jakości produkowanych wyrobów przez możliwość monitorowania oraz inteligentnej reakcji na zmiany zachodzące w systemie wytwórczym.

Analizowana rozprawa doktorska mgr inż. Michała Zarzecznego wpisuje się swoim metatechnicznym założeniem oraz swoją treścią w nurt poczynąń poznawczych i użytkowych stanowiących istotę inżynierii mechanicznej. Fakt ten jest potwierdzeniem trafności wyboru tematyki badawczej z punktu widzenia tak szeroko zarysowanej perspektywy. W węższej perspektywie trafność tego wyboru potwierdzona jest przez aktualność zaleceń Przemysłu 4.0 w zakresie uzyskania większej efektywności produkcji, elastyczności wytwarzania oraz dokładności obróbki. Punktem docelowym na tej drodze, w przypadku analizowanej dysertacji, jest budowa innowacyjnej inteligentnej obrabiarki do zgrubnego frezowania soczewek, wyposażonej w zaawansowany system monitorowania stanu powierzchni i geometrii obrabianej soczewki w trybie automatycznym.

Recenzowana dysertacja, w której Autor wykonał prace w zakresie zagadnień konstrukcyjnych i technologicznych dotyczących kształtowania bardzo dokładnych powierzchni sferycznych mieści się, przeto w zasadniczym nurcie współczesnych kierunków poszukiwań, co do możliwości zwiększenia wydajności oraz dokładności obróbki. W analizowanym przypadku efekty te są osiągnięte dzięki zastosowaniu korekcji ustawienia narzędzia wynikającej z pomiarów dokonywanych bezpośrednio na obrabiarce w sposób automatyczny.

Opisanie więc i poznanie istoty procesów determinujących technologię bardzo dokładnej obróbki powierzchni sferycznych i kontroli uzyskanych rezultatów dotyczących dokładności wykonania daje znakomitą perspektywę do świadomego ich sterowania i stwarza potencjał praktycznego wykorzystania tej wiedzy na poziomie warsztatu.

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, co jest niezbędne w przypadku tzw. **doktoratu wdrożeniowego**.

Liczący się w polskiej akademickiej społeczności technicznej ośrodek szczeciński wnosi twórczy wkład, m. in. w rozwój tych warstw inżynierii mechanicznej, które określam, jako metodyczną i merytoryczną. Inicjatywy wielu, znanych mi osobiście, znakomitych profesorów twórców szkół naukowych, między innymi: Wiesława Olszaka, Krzysztofa Malcherka i Stefana Berczyńskiego są z powodzeniem rozwijane przez ich uczniów i są doskonale znane w środowisku zainteresowanych specjalistów. Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Michała Zarzecznego napisana pod kierunkiem prof. dra hab. inż. Mirosława Pajora, 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 osiem rozdziałów, bibliografia oraz streszczenie po polsku i po angielsku. **Układ pracy** jest prawidłowy - typowy dla prac analityczno-eksperymentalnych. Dla łatwiejszego odbioru pracy dobrze byłoby jednak, gdyby Autor zamieścił wykaz najważniejszych symboli, skrótów i akronimów.

Tytuł dysertacji zasadniczo jest zgodny z jej treścią, choć nie oddaje ważnego wątku tej pracy, będącego osiągnięciem Doktoranta, jakim jest automatyczny system korekcji błędów ustawienia narzędzia. Poza, tym sformułowanie „promieni soczewek” jest w tym kontekście sformułowaniem żargonowym, stosowanym owszem w praktyce warsztatowej, lecz w pracy naukowej powinno być zamiast tego raczej „powierzchni sferycznych”. Dotyczy to również tekstu pracy. Nasuwa mi się wobec tego następująca propozycja sformułowania tytułu – „Automatyczny system korekcji ustawienia narzędzia realizowany na inteligentnej frezarce do kształtowania powierzchni sferycznych”. Ale jest to kwestia, którą zawsze można dyskutować.

Wstęp jako pierwszy rozdział pracy, napisany bardzo zwięźle, jest poprawny merytorycznie. Doktorant przedstawia tu w syntetycznym ujęciu uzasadnienie podjęcia własnych badań oraz swoje zamierzenia w tym zakresie.

Analiza piśmiennictwa z zakresu podjętej tematyki została przedstawiona w rozdziale drugim podzielonym na trzy części. Oceniam ją, jako dobrze wykonaną i merytorycznie spójną. Autor charakteryzuje state of the art w obszarze tematyki dysertacji, prezentując następujące zagadnienia: układy optyczne, soczewki, maszyny technologiczne sterowane numerycznie do obróbki soczewek, dokładność obróbki soczewek. Doktorant sygnalizuje potrzebę innowacyjnych rozwiązań, która podyktowana jest trzema najważniejszymi czynnikami, a mianowicie rosnącymi wymaganiami jakościowymi, potrzebą zwiększenia wydajności obróbki oraz redukcją kosztów. W podsumowaniu tego rozdziału scharakteryzowana jest nisza badawcza, co w wyraźny sposób stanowi motywację do podjęcia własnej aktywności badawczej. 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 nie jest zbyt obszerny, ale moim zdaniem wystarczający w kontekście podjętego zagadnienia. Tą część rozprawy oceniam jako poprawną, choć mam zastrzeżenia, co do stylistyki i interpunkcji, które uwidocznilem w tekście pracy. Poza tym nasuwają mi się jeszcze następujące uwagi, zapytania i sugestie:

- 1) na początku rozdziału drugiego występuje tzw. tekst wiszący;
- 2) rys. 2.1 – co to znaczy „laser wypalający”?
- 3) rysunki od 2.1 do 2.5 nie są powołane w tekście pracy;
- 4) str. 10, wiersz 7g – zamiast „ wytwarzania soczewek” lepiej byłoby „obróbki soczewek”;
- 5) str. 10, wiersz 15g – zamiast „siła skrawająca” powinno być „siła skrawania”;
- 6) str. 10, wiersz 6d – zamiast „wykańczającą” powinno być „wykończeniową”;
- 7) str. 10, wiersz 4d – jest „dokładny promień”, a może lepiej byłoby „krzywizna”, „sfera”?
- 8) str. 17 – ostatnie zdanie jest to ogólnik nie wnoszący żadnej informacji w kontekście analizowanego zagadnienia;
- 9) str. 18, wiersz 7d – powinno być „...rysunku 2.8b”;
- 10) str. 19, wiersz 10d – co to są „przesunięcia termiczne”?
- 11) rys. 2.9 nie jest powołany w tekście;
- 12) str. 20, wiersz 1g - akronim SSD nie ma rozwiniętej nazwy;
- 13) rys. 2.10 – co to jest USM, #400w/USM itp.?

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, 6 i 7.

W rozdziale trzecim mgr inż. Michał Zarzeczny przedstawia cel i zakres pracy. Doktorant na stronie 21. stwierdza, że **celem pracy** jest „budowa innowacyjnej inteligentnej obrabiarki do zgrubnego frezowania soczewek, wyposażonej w zaawansowany system monitorowania stanu powierzchni i geometrii obrabianej soczewki w trybie automatycznym”. Punkt dojścia wysiłków badawczych Doktoranta, czyli cel pracy, sformułowany jest stosunkowo zwięźle i jasno. Mgr inż. Michał Zarzeczny nie podjął jednakże próby wyraźnego zwerbalizowania **problemu naukowego**. Na podstawie lektury pracy można stwierdzić, że rozważany w dysertacji problem naukowy, to relacja między postacią konstrukcyjną obrabiarki do kształtowania powierzchni sferycznych soczewek wyposażonej w system automatycznej korekcji błędów obróbki, a wymaganiami dotyczącymi dokładności i wydajności obróbki w kontekście kosztów. Ten fragment pracy łącznie z analizą literatury odczytuję, jako fundament intelektualnej konstrukcji budowanej przez Autora. Sformułowana na stronie 22. **teza pracy** jest dobrze ugruntowana w przedstawionym wcześniej materiale i stanowi uzupełnienie tej konstrukcji. Podejście metodyczne oceniam, jako trafne i przystające do założonego celu pracy. 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, a nie tylko wyliczyć etapy prac projektowych i badawczych.

W rozdziale czwartym mgr inż. Michał Zarzeczny bardzo szczegółowo przedstawił proces technologiczny soczewki – od opracowania technologii, przez kolejne etapy kształtowania półfabrykatu oraz wyrobu finalnego, aż do kontroli jakości.

Rozdział piąty poświęcony jest charakterystyce procesu frezowania i szlifowania powierzchni sferycznych. Autor omawia tu sposoby frezowania powierzchni sferycznych soczewek, klasyfikację błędów obróbki po frezowaniu oraz metodykę monitorowania operacji frezowania stosowaną w przemyśle optycznym.

W rozdziale szóstym Doktorant przedstawił procedurę projektowania obrabiarki do frezowania powierzchni soczewek, charakteryzując strukturę geometryczno-kinematyczną oraz architekturę tej zaprojektowanej przez siebie maszyny technologicznej.

Koncepcja monitorowania operacji kształtowania powierzchni sferycznej omówiona jest w rozdziale siódmym. Automatyczna korekcja ustawienia narzędzia realizowana jest w wyniku pomiarów odchyłek obrabianej soczewki za pomocą profilometru laserowego. Autor przedstawia tu założenia do projektowania systemu sterowania, rozważa wpływ zużycia narzędzia na błąd usytuowania narzędzia względem przedmiotu obrabianego, a także podaje wyniki symulacji

generowania ścieżek narzędzia. W dalszej części tego rozdziału przedstawione zostały wyniki badań eksperymentalnych automatycznego systemu korekcji ustawienia narzędzia oraz porównanie sposobu monitorowania operacji w wersji dotychczas stosowanej i w wersji zaproponowanej przez Autora. Porównanie wykonywane z punktu widzenia dwóch czynników: czas nastawienia obrabiarki oraz potencjał w zautomatyzowaniu operacji wykazuje w sposób zdecydowany przewagę wersji zaproponowanej przez Doktoranta.

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

- 1) podpis pod rysunkiem 4,2 przeniesiony jest na następną stronę;
- 2) str. 26, wiersz 12d – „tarcie mechaniczne” - czyżby były jakieś rodzaje tarcia inne, niż z przyczyn mechanicznych?
- 3) str. 45, wiersz 6d – co to znaczy „decentracja”?
- 4) str. 47 - pomyłka w numeracji rysunku;
- 5) rys. 4.27 – niewidoczne opisy na rysunku;
- 6) str. 49, wiersz 3g – co znaczy „wartość mechaniczna promienia”?
- 7) str. 51, wiersz 3d – zamiast „oś mechaniczna”, może lepiej byłoby „oś geometryczna”?
- 8) str. 56, wiersz 5g – co to są „wymiały mechaniczne”?
- 9) str. 56 - pomyłka w numeracji rysunku;
- 10) str. 57 – tzw. tekst wiszący;
- 11) str. 57 – rys. 5.2 powinien być przed rys. 5.1 i należałoby zmienić numerację;
- 12) rys.5.4 – nie zaznaczono kąta α ;
- 13) rys. 5.5 – czy kąt ϕ , to kąt α ?
- 14) tabela 5.1 – opis tabeli powinien być nad tabelą;
- 15) str. 68 – zamiast 5.2 powinno być 6.2;
- 16) rys. 6.2 i dalsze – zamiast „krańcówka” powinno chyba być „wyłącznik krańcowy”;
- 17) str. 70, wiersz 4g – słowo „posmarowano” nie brzmi zbyt dobrze w użytym kontekście;
- 18) rys. 6.6a – może lepiej byłoby podpisać – „ rysunek złożeniowy obrabiarki bez osłon”?
- 19) str. 89, wiersz 4d –jest „...ze wzoru 4.2.” - błędne powołanie wzoru;
- 20) str. 90, wiersz 2d – zamiast „...na rys. 7.10”, powinno być „...na rys. 7.18”.

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

- 1) na jakim etapie jest wdrożenie?
- 2) proszę o bardziej szczegółowe przedstawienie badań symulacyjnych;
- 3) proszę o bardziej szczegółowe zaprezentowanie automatycznej procedury korekcji błędu ustawienia narzędzia względem przedmiotu obrabianego.

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:

- opracowanie konstrukcji specjalnej obrabiarki sterowanej numerycznie z dedykowanym systemem korygującym błąd obróbki;
- opracowanie procedur korekcji błędu obróbki oraz ich implementacja w systemie sterowania obrabiarki;
- wykazanie, że jest możliwe zaprojektowanie systemu automatycznej korekcji błędu ustawienia narzędzia względem przedmiotu obrabianego podczas frezowania powierzchni sferycznych soczewek;
- wykazanie, za pomocą badań symulacyjnych i eksperymentalnych, przewagi zaproponowanej procedury obróbki frezowaniem powierzchni sferycznych soczewek nad dotychczas stosowaną procedurą.

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

Rozdział ósmy zatytułowany jest *Podsumowanie i wnioski*. Doktorant w pierwszej części przedstawia w syntetycznym ujęciu zakres wykonanych prac. Dalej stwierdza, że teza pracy została pozytywnie zweryfikowana. Wspomina również o potencjalnych możliwościach zastosowania autorskiego rozwiązania. 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 tezę pracy oraz wnioski poznawcze, użytkarne i dotyczące kierunku dalszych badań. W drugiej części tego rozdziału mgr inż. Michał Zarzeczny przedstawia informacje dotyczące wdrożenia.

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.: freza zamiast frezu – str. 58 i dalej wielokrotnie; wyższych, gdy lepiej byłoby większych – np. na str. 27; ilość zamiast liczba – np. na str. 25.

Bibliografia zamieszczona w końcowej części rozprawy jest merytorycznie adekwatna do podjętej tematyki i zawiera łącznie 60 pozycji. Autorska pozycja Doktoranta jest niekompletna.

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 Inżynieria Mechaniczna z Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. 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 w miarę 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. Michał Zarzeczny wykonał wartościową pracę badawczą i wykazał się dobrą znajomością zagadnień konstrukcyjnych i technologicznych. W rozprawie zaplanował i wykonał prace przygotowawcze oraz badania symulacyjne i eksperymentalne, w sposób czytelny przedstawił ich wyniki, wykonał analizę otrzymanych rezultatów opatrując je stosownymi komentarzami. Udowodnił zatem, że potrafi w skuteczny sposób zaprojektować specjalną obrabiarkę i wykonywać badania naukowe umożliwiające realizację technologii kształtowania bardzo dokładnych powierzchni sferycznych. 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. Michał Zarzeczny wydatnie poszerzył swoją ogólną wiedzę dotyczącą warsztatu badawczego w zakresie zagadnień konstrukcyjnych i technologicznych dotyczących kształtowania bardzo dokładnych powierzchni sferycznych. Poza tym wykazał się również, choć w niewielkim stopniu, aktywnością, jeżeli chodzi o rozpowszechnianie wyników swoich badań przez publikację. Na podkreślenie zasługuje także jedno zgłoszenie 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 mgr inż. Michała Zarzecznego i stanowi istotny wkład w rozwój badań w dziedzinie zagadnień konstrukcyjnych i technologicznych dotyczących kształtowania bardzo dokładnych powierzchni sferycznych.

W świetle dokonanej analizy i sformułowanych ocen stwierdzam, że rozprawa mgr inż. Michała Zarzecznego pt. *Budowa inteligentnej obrabiarki do frezowania promieni soczewek* 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.