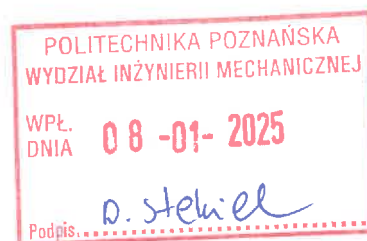


dr hab. inż. Adam Gąska, prof. PK
Laboratorium Metrologii Współrzędnościowej
Wydział Mechaniczny
Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki
adam.gaska@pk.edu.pl
tel. +12 628 3230



Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Bartłomieja Krawczyka

pt. *Metodyka pomiaru gwintów zewnętrznych na tokarkach CNC*

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Bartosz Gapiński, prof. PP

Promotor pomocniczy: dr inż. Piotr Szablewski

Recenzja została opracowana na podstawie pisma Prodziekana ds. nauki Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej z dnia 29 października 2024 r.

Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska pt. „Metodyka pomiaru gwintów zewnętrznych na tokarkach CNC” zawiera 132 strony w formacie A4 obejmujące: stronę tytułową rozprawy w języku polskim, spis treści, wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów, krótkie wprowadzenie zawierające uzasadnienie podjęcia badań w proponowanym temacie (rozdział 1 o objętości 2 stron), analizę stanu wiedzy zaprezentowaną na 28 stronach (rozdział 2), cel pracy i tezę (rozdział 3) przedstawione w bardzo skrótowej formie (na mniej niż połowie strony), opis zrealizowanych badań wstępnych (rozdział 4 o objętości 23 stron) dotyczących oceny topografii powierzchni gwintów, badań metalograficznych gwintów oraz badań porównawczych cech geometrycznych gwintów różnymi dostępnymi metodami, opis badań zasadniczych prezentujących prace mające bezpośrednio na celu rozwiązanie postawionego problemu badawczego (rozdział 5 o objętości 61 stron), podsumowanie i kierunki dalszych badań (rozdział 6 zawierający również wnioski wyciągnięte ze zrealizowanych badań w podziale na wnioski poznawcze i użytkowe, objętość tego rozdziału to 2 strony), streszczeń pracy w języku polskim i angielskim oraz bibliografię.

Na wysoką ocenę zasługuje bogaty zbiór zacytowanych źródeł literaturowych, zawierający 162 pozycje (ostatnia pozycja w wykazie ma numer 164, natomiast pominięto w nim pozycje nr [58] oraz [59] przez co rzeczywista liczba przytoczonych źródeł wynosi 162), w tym czternaście publikacji Autora rozprawy (z czego 6 to publikacje w czasopismach posiadających współczynnik Impact Factor). W wykazie literatury zacytowano książki, artykuły w czasopismach naukowych, referaty konferencyjne, normy oraz wytyczne organizacji międzynarodowych.

Omówiony powyżej układ pracy jest typowy dla rozpraw doktorskich, o charakterze badawczym i wdrożeniowym, przedstawianych do obrony w naukach inżyniersko-technicznych.

Rozdziały mają różną długość, od rozdziałów zawartych na mniej niż połowie strony (rozdział pt. „Cel i hipoteza pracy”), po rozdziały o długości ponad 60 stron. Można by rozważyć podział rozdziału 5 zawierającego opis badań zasadniczych na kilka mniejszych rozdziałów, aby uniknąć tak dużych dysproporcji w objętości poszczególnych rozdziałów.

Streszczenia pracy w obu językach dobrze oddają zawartość pracy.

Szczegółowa charakterystyka zawartości rozprawy oraz dotyczące jej uwagi krytyczne zostały przedstawione w dalszej części recenzji.

Istotność problematyki rozprawy

Podjęta w rozprawie tematyka badawcza dotyczy zagadnień związanych z czynną kontrolą metrologiczną wytwarzanych elementów, wdrażaniem nowych metod pomiarowych z zakresu tzw. metrologii wewnątrzprocesowej (z ang. in-process metrology), poprawą dokładności wytwarzania w nowoczesnych liniach produkcyjnych funkcjonujących zgodnie z założeniami koncepcji Przemysłu 4.0, a także z oceną dokładności pomiarów realizowanych w czasie trwania procesu wytwarzania. Systemy pomiarowe tego typu stanowią nowe rozwiązanie, które w ciągu kilku ostatnich lat rozwijane było przede wszystkim w wiodących w skali międzynarodowej ośrodkach naukowo-badawczych oraz najlepszych centrach badawczo-rozwojowych funkcjonujących przy przedsiębiorstwach produkujących urządzenia technologiczne oraz pomiarowe. Systemy takie umożliwiają redukcję czasu oraz zasobów związanych ze stosowaną do tej pory najczęściej kontrolą po procesową (post-process) oraz pozostają w zgodzie z wprowadzanymi obecnie do nowoczesnych systemów wytwarzania założeniami koncepcji Przemysłu 4.0 oraz cyfrowej produkcji.

Dlatego wszelkie badania mające na celu przeniesienie zadań kontroli jakości z osobnych laboratoriów metrologicznych bezpośrednio na linie produkcyjne oraz urządzenia technologiczne, automatyzację procesów produkcyjnych, w tym procesów kontroli jakości, a także poprawę powtarzalności i dokładności wytwarzania oraz pomiarów, które są niezbędne przy ocenie dokładności produktów, są istotne zarówno z naukowego jak i praktycznego punktu widzenia.

W ten obszar tematyczny wpisuje się recenzowana praca, która dotyczy opracowania metody pomiaru gwintów, stosowanych w przemyśle lotniczym, bezpośrednio na urządzeniu technologicznym, na którym są one wytwarzane. W tym konkretnym przypadku jest to tokarka sterowana numerycznie. Jest to szczególnie ważne w kontekście obserwowanych w ostatnich latach dynamicznych zmian w produkcji, znanych zbiorczo pod nazwą czwartej rewolucji przemysłowej lub Przemysłu 4.0. Koncepcja ta zakłada funkcjonowanie linii produkcyjnych jako systemów cyber-fizycznych, które realizują zadania związane z wytwarzaniem produktów w oparciu o ideę „closed door machining”, czyli praktycznie bez ingerencji człowieka. Działanie to ma na celu zwiększenie wydajności produkcyjnej, a także poprawę powtarzalności. W związku z tym, jak już wcześniej wspomniano, zachodzi obecnie również konieczność opracowywania i wdrażania systemów z zakresu metrologii wewnątrzprocesowej, umożliwiających precyzyjne wykonywanie zadań kontroli jakości, też bez ingerencji metrologa. Systemem tego typu jest niewątpliwie system pomiarowy opracowany w ramach

ocenianej rozprawy doktorskiej. Postawiony w rozprawie problem oraz zrealizowane badania są zgodne z zakresem dyscypliny inżynieria mechaniczna.

W związku z powyższym, **podjętą przez Doktoranta tematykę uznaję za bardzo istotną dla inżynierii mechanicznej, a w szczególności dla metod wytwarzania i pomiarów produktów w przemyśle lotniczym, które muszą spełniać wysokie wymagania jakościowe związane przede wszystkim z bezpieczeństwem ich wykorzystania.**

Uważam, że zarówno podjęta tematyka, jak i zdefiniowane przez doktoranta problemy i cele pracy spełniają znamiona pracy naukowej na odpowiednim poziomie, w odniesieniu do badań realizowanych na potrzeby rozprawy doktorskiej.

Uwagi redakcyjne

W recenzowanej rozprawie występują błędy interpunkcyjne, ortograficzne, stylistyczne oraz gramatyczne, przy czym ich liczba nie jest bardzo duża. Niektóre fragmenty pracy sprawiają wrażenie, że zostały przygotowywane w pośpiechu, i Autor nie zdążył dokonać korekty tekstu przed jego publikacją.

Poniżej podaję wybrane przykłady ww. błędów ze wskazaniem numerów stron, na których błędy występują:

1. Str. 6, „Stąd, nawet w tak *zaawansowanym* technologicznie przedsiębiorstwach jak ...” zamiast „Stąd, nawet w tak *zaawansowanych* technologicznie przedsiębiorstwach jak ...”

2. Przyjęło się, że prace naukowe, takie jak oceniana rozprawa, pisane są w formie bezosobowej. W rozprawie niektóre fragmenty napisane są właśnie w ten sposób, natomiast inne (takich jest większość) są napisane w pierwszej osobie liczby mnogiej. Kilka przykładów:

- str. 10, „... spotkamy przede wszystkim podział na obróbkę plastyczną, ...”, „... gdzie znajdziemy takie procesy jak toczenie, ...”,

- str. 12, „Większą elastyczność uzyskujemy korzystając z ...”, „W przypadku toczenia gwintów mamy do wyboru ...”,

- str. 22, „Średnicę zewnętrzną gwintu zewnętrznego mierzymy przy użyciu tych samych przyrządów, których używamy do pomiaru ...”.

Takich przykładów jest w pracy znacznie więcej. Zaleca się w przyszłości stosowanie w podobnych opracowaniach naukowych formy bezosobowej.

3. Str. 10, „..., a więc materiał zostaje poddany deformacji *w skutek* czego następuje wydłużenie ...” zamiast „..., a więc materiał zostaje poddany deformacji *wskutek* czego następuje wydłużenie ...”.

4. Str. 10 poniżej, „Dzięki zniekształceniu struktury warstwa wierzchnia ma *podwyższona* twardość ...” zamiast „Dzięki zniekształceniu struktury warstwa wierzchnia ma *podwyższoną* twardość ...”.

5. Str. 11, „Wadą *stosowana* tego typu ...” zamiast „Wadą *stosowania* tego typu ...”.

6. Str. 12, „... mniejsza precyzja w uzyskaniu wymiaru stanowiącego głębokość od dna wrębu *od wierzchołka*” zamiast „... mniejsza precyzja w uzyskaniu wymiaru stanowiącego głębokość od dna wrębu *do wierzchołka*”.

7. Str. 12 poniżej, „... widoczne na rysunku rys. 2.4, ...” - niepotrzebne powtórzenie „rysunku rys.”. Powinno być „na rysunku 2.4” lub „na rys. 2.4”.

8. Str. 12 jeszcze niżej, „Dużą przewagę sprawia tutaj lepsza kontrola spływu wiórów, który mimo iż jest on grubszy, ale powstaje tylko po jednej stronie płytki, co powoduje, że łatwiej go odciąć” - niewłaściwy styl.
9. Str. 15 i 16, opisy na rysunkach 2.8 oraz 2.9 są słabo widoczne.
10. Str. 17, „natomiast frezowanie często wymaga interwencji operatora i *wstępny pomiar* uzyskanego otworu,...” zamiast „natomiast frezowanie często wymaga interwencji operatora i *wstępnego pomiaru* uzyskanego otworu,...”.
11. Str. 21, „... z nałożonym promieniem mającym z *zadanie ...*” zamiast „... z nałożonym promieniem mającym *za zadanie ...*”.
12. Str. 21 poniżej, „... łatwo przeoczyć nieprawidłowe *wykonaniu* gwintu ...” zamiast „... łatwo przeoczyć nieprawidłowe *wykonanie* gwintu ...”.
13. Str. 27, nieczytelne opisy po lewej stronie rysunku 2.18.
14. Str. 29, rysunek 2.20, praca została napisana w języku polskim, natomiast opisy znajdujące się na tym rysunku są w języku angielskim. Należałoby je przetłumaczyć na język polski.
15. Str. 29, podpis do rysunku 2.20, „System pomiaru wizyjnego umieszczony w *przestrzenie* obrabiarki” zamiast „System pomiaru wizyjnego umieszczony w *przestrzeni* obrabiarki”.
16. Str. 32, rysunek 2.22, małe napisy na rysunku utrudniają jego odczytanie.
17. Str. 32 poniżej, „... będą dokładniejsze, *a niżeli* z enkoderem *instalowany* na układzie napędowym” zamiast „... będą dokładniejsze, *aniżeli* z enkoderem *instalowanym* na układzie napędowym”.
18. Str. 35, „W ramach niniejszego doktoratu wdrożeniowego jest opracowanie metody pomiaru gwintu bezpośrednio na tokarce sterowanej numerycznie” – niewłaściwy styl.
19. Str. 41, tab. 4.2 – opisy znajdujące się nad mapami przedstawiającymi topografię powierzchni poszczególnych gwintów są zupełnie nieczytelne.
20. Str. 44, „Gwinty UNJ wykazują bardziej przewidywalny rozkład wzgórz i dolin, *przeważając* w nich wgłębienia, co jest korzystne z punktu widzenia zużycia.” zamiast „Gwinty UNJ wykazują bardziej przewidywalny rozkład wzgórz i dolin, *przeważają* w nich wgłębienia, co jest korzystne z punktu widzenia zużycia”.
21. Str. 53, „... z wzoru (4.8), *będącym* przekształceniem wzoru (2.2):” zamiast „... z wzoru (4.8), *będącego* przekształceniem wzoru (2.2):”.
22. Str. 57, „Zapewnienie jakości elementów gwintowanych jest niezwykle istotnym i złożonym zadaniem, szczególnie jeżeli znajdują one zastosowanie w *odpowiedzialnych aplikacjach*”. Jak definiuje się „odpowiedzialne aplikacje”? Pierwszy raz widzę takie określenie.
23. Str. 59, „W zależności *odległości* między mierzoną powierzchnią, a czujnikiem ...” zamiast „W zależności *od odległości* między mierzoną powierzchnią a czujnikiem ...”.
24. Str. 59 poniżej, „Aby móc zarejestrować obraz skanowanego obiektu dla stosowanego urządzenia, musi on znajdować się *pod obszarem roboczym skanowania* widocznym na rysunku 5.1”. „Pod obszarem roboczym” czy raczej „w obszarze roboczym”?
25. Str. 65, „Jak można zauważyć na rysunku 5.9 profil zmierzony *pokrywa się nominalnym* w przedziale $\pm 0,01$ mm co świadczy o poprawnym pomiarze” zamiast „Jak można zauważyć na rysunku 5.9 profil zmierzony *pokrywa się z nominalnym* w przedziale $\pm 0,01$ mm co świadczy o poprawnym pomiarze”.

26. Str. 66, „W obu przypadkach zarejestrowano jedynie jeden z boków *wręby* oraz średnicę wierzchołkową” zamiast „W obu przypadkach zarejestrowano jedynie jeden z boków *wrębu* oraz średnicę wierzchołkową”.
27. Str. 66, dwa zdania dalej, „Warty podkreślenia jest fakt, iż widoczna *części* została dobrze odwzorowana ...” zamiast „Warty podkreślenia jest fakt, iż widoczna *część* została dobrze odwzorowana ...”.
28. Str. 73, „W *oby* przypadkach oś wałka była ustawiona prostopadle do linii światła lasera” zamiast „W *obu* przypadkach oś wałka była ustawiona prostopadle do linii światła lasera”.
29. Str. 76, „... i zarejestrowane poprzez odbiornik” zamiast „... i zarejestrowane przez odbiornik”.
30. Str. 79, „Kierunek podstawowych osi tokarskich przedstawiono na modelu maszyny na rysunku 5.23” powinno być „Kierunek podstawowych osi tokarskich przedstawiono na modelu maszyny na rysunku 5.32”
31. Str. 79, ostatnie zdanie, „Widok stanowiska badawczego do *pomiary* przesunięcia głowicy w osi Y” zamiast „Widok stanowiska badawczego do *pomiaru* przesunięcia głowicy w osi Y”.
32. Str. 80, „Pomiar przesunięcia jest najbardziej zaawansowanym typem pomiarów linowych. Jest on również najczęściej wykorzystywany podczas pomiarów maszyn.” – niewłaściwy styl. O jakiego typu „pomiary maszyn” chodzi?
33. Str. 86, początek strony, „większa, *a niżeli* dla osi Y” zamiast „większa, *aniżeli* dla osi Y”.
34. Str. 86 poniżej, „... niemalże przy *każdy* ruchu głowicy” zamiast „... niemalże przy *każdym* ruchu głowicy”.
35. Str. 92, ostatnie zdanie, „natomiast dla RMP40 średni wynik w przypadku oddawania sondy *było* o 3,3 μm , *aniżeli* bez”. Zamiast słowa „było” powinno być „był”. Brakuje określenia czy wynik był o 3,3 μm większy czy mniejszy niż wynik uzyskany w cyklu bez oddawania narzędzia do magazynu.
36. Str. 100, tekst pod tabelą 5.11, „Eksperyment prowadzono na sześciu obrabiarkach, które oznaczono jako WFL1, WFL2, WFL3, *WFL3*, WFL5, WFL6” zamiast „Eksperyment prowadzono na sześciu obrabiarkach, które oznaczono jako WFL1, WFL2, WFL3, *WFL4*, WFL5, WFL6”
37. Str. 105, przedostatni akapit, „Największy rozstęp wyników, czyli różnica między *maksymalna*, a minimalną wartością” zamiast „Największy rozstęp wyników, czyli różnica między *maksymalną* a minimalną wartością”.
38. Str. 110, podpis pod rysunkiem 5.60, „Rys. 5.60 Przykład *wypływu* przesunięcia sondy na uzyskane wyniki podczas pomiaru wrębu GWINTU1” zamiast „Rys. 5.60 Przykład *wpływu* przesunięcia sondy na uzyskane wyniki podczas pomiaru wrębu GWINTU1”.
39. Str. 111, „Dla dowolnych kątów możemy określić *matematyczna* zależność maksymalnego błędu ...” zamiast „Dla dowolnych kątów możemy określić *matematyczną* zależność maksymalnego błędu ...”.
40. Str. 112, „... gdyż jak przedstawiono we *wcześniejsze* analizie czynnik ten ma kluczowe znaczenie w tym aspekcie” zamiast „... gdyż jak przedstawiono we *wcześniejszej* analizie czynnik ten ma kluczowe znaczenie w tym aspekcie”.
41. Str. 113, „... z wynikami otrzymanymi metodą *traktowana* jako referencyjną, ...” zamiast „... z wynikami otrzymanymi metodą *traktowaną* jako referencyjną, ...”.

42. Str. 118, tytuł tabeli 5.20, „*Składniku* budżetu niepewności ...” zamiast „*Składniki* budżetu niepewności ...”.

43. Str. 118 poniżej, „... można stwierdzić, iż w *wartość niepewności* pomiarowej spełnia wysokie wymagania przemysłu lotniczego” zamiast „... można stwierdzić, iż *wartość niepewności* pomiarowej spełnia wysokie wymagania przemysłu lotniczego”.

44. Str. 122, „... co miało w konsekwencji pozwolić *automatyczną korekcji* nastaw narzędzi ...” zamiast „... co miało w konsekwencji pozwolić *na automatyczną korekcję* nastaw narzędzi ...”.

45. Str. 122 poniżej, „W ramach badań wstępnych przeanalizowano różne metody pomiarowe, takie jak techniki optyczne oraz sondy stykowe ...” – sondy stykowe nie są metodami pomiarowymi.

Uwagi krytyczne i pytania

Poniżej przedstawiam moje uwagi dotyczące merytorycznej strony recenzowanej rozprawy oraz pytania, na które w recenzowanym opracowaniu nie znalazłem odpowiedzi. Proszę Doktoranta o odniesienie się do nich w formie pisemnej:

1. Na stronie 6 Doktorant napisał: „Z tego powodu coraz częściej integralną częścią procesu wytwórczego staje się proces pomiarowy. Jeśli możliwa jest jego realizacja bezpośrednio na obrabiarce, to uzyskuje się skrócenie czasu poprzez eliminację transportu na stanowisko pomiarowe, redukcję kosztów poprzez eliminację stanowisk pomiarowych oraz możliwość prowadzenia bezpośrednich korekcji wyrobu. Rozwiązania tego typu spotykane są w odniesieniu do prostych wymiarów geometrycznych (i to w zakresie znacznie mniejszym niż pomiary realizowane na współrzędnościowych maszynach pomiarowych w laboratoriach), jednak w przypadku wykonywania gwintów na tokarkach CNC pomiary tego typu nie są dotychczas realizowane.” oraz „W ramach niniejszego doktoratu wdrożeniowego opracowana została metoda pomiaru gwintu bezpośrednio na tokarce sterowanej numerycznie. Pozwala ona na zautomatyzowaną kontrolę tych specyficznych wyrobów i stanowi unikalne na skalę światową rozwiązanie”. Jak te stwierdzenia mają się do przeprowadzonej analizy literatury oraz jej podsumowania na str. 29, głoszącego że: „Przeglądając wyniki badań prowadzone przez środowisko naukowe znajdziemy szereg rozwiązań pozwalających na wdrożenie koncepcji „On-machine measurement”, gdzie pomiary odbywają się w przestrzeni obróbczej obrabiarki sterowanej numerycznie. Jest to możliwe nawet w przypadku gwintów, co przytoczono w poprzednich rozdziałach.”?
2. Str. 27, poniżej rys. 2.18 i dalsza część pracy, „Ma ona na celu zlikwidowanie oddziaływania operatora na proces ustawienia części poprzez wykorzystanie sond pomiarowych do ustawienia baz obróbczych, ale obejmuje także *kalibrację* sond i pomiary geometrii narzędzi”. Na określenie procedury polegającej na zmierzeniu rozpatrywaną końcówką pomiarową wzorca sferycznego (lub pierścienia wzorcowego) o znanych wymiarach i wyznaczeniu w ten sposób wartości efektywnego promienia końcówki pomiarowej w różnych kierunkach, która w trakcie pomiarów wykorzystywana jest to wykonania korekcji promieniowej mierzonych punktów, powinno stosować się słowo: „kwalifikacja”. Słowo „kalibracja” nie jest w tym zastosowaniu poprawne, ponieważ określa ono działanie, które w określonych warunkach, w pierwszym kroku ustala zależność pomiędzy odwzorowywanymi przez wzorzec pomiarowy wartościami wielkości wraz z ich niepewnościami pomiaru, a odpowiadającymi im wskazaniami wraz z ich niepewnościami, a w drugim kroku

wykorzystuje tę informację do ustalenia zależności pozwalającej uzyskać wynik pomiaru na podstawie wskazania, natomiast kwalifikacja końcówki pomiarowej ma na celu coś zupełnie innego.

Ta sama uwaga odnosi się do kilku zapisów na stronie 88. Wszędzie gdzie wspomina się o „kalibracji sondy” powinno być „kwalifikacja sondy”.

3. Str. 28, rys. 2.19 – brak opisów osi ‘x’ oraz ‘y’ na trzech wykresach zaprezentowanych na tym rysunku.
4. Str. 31, o sondach skanujących: „Sondy te są czułe na zmiany kształtu powierzchni i wykrywają submikrometryczne przemieszczenia na końcówce trzpienia pomiarowego. Rejestrują 1000 punktów pomiarowych 3D w każdej sekundzie. Do ich zastosowania wymagana jest duża pamięć robocza w układzie sterowania obrabiarki”. Czy wszystkie dostępne na rynku obrabiarkowe sondy skanujące rejestrują 1000 punktów na sekundę? I czy za każdym razem, w ciągu jednej sekundy rejestrowane jest dokładnie 1000 punktów?
5. Str. 32, „Dokładność pozycjonowania obrabiarki może być sprawdzana między innymi przy pomocy urządzenia zwanego interferometrem laserowym [131, 132]. Przegląd podsumowujący główne metody sprawdzania geometrii obrabiarki zawarto w pracy [133]”. Praca [133] została wydana w 2008 r. Od tamtej pory nastąpił duży rozwój w laserowych technikach interferometrycznych, które stosowane są do pomiarów błędów geometrycznych obrabiarek i maszyn pomiarowych, w tym błędów pozycjonowania tych urządzeń. Warto byłoby zacytować nowszą książkę lub artykuł przeglądowy z tego zakresu.
6. Str. 33, nie jest do końca jasne co Autor miał na myśli w następującym fragmencie tekstu „W publikacji [116] udowodniono, że opóźnienie wzrasta wraz z długością trzpienia oraz wraz ze zmniejszaniem prędkości posuwu. Z tego powodu producenci zalecają minimalną prędkość rejestracji kontaktu pomiarowego”. Czy ostatnie zacytowane zdanie odnosi się do prędkości ruchu maszyny czy do prędkości rejestracji wystąpienia kontaktu między końcówką pomiarową a mierzoną powierzchnią? Jeśli ta druga odpowiedź jest właściwa to co to znaczy, że ta prędkość ma być „minimalna”?
7. Niżej na stronie 33, „W pracy [140] poddano ocenie proces pomiaru sondą na maszynie CNC i porównano wyniki z klasycznymi metodami. Wykazano różnice w uzyskanych wynikach cech 2D na poziomie około 0,04 mm, natomiast 3D ponad 0,2 mm”. To prawda, natomiast te wyniki odnoszą się tylko do pomiarów powierzchni swobodnych, natomiast tak sformułowane pierwsze zdanie zacytowanego fragmentu sugeruje, że jest to prawda ogólnie dla „pomiaru sondą na maszynie CNC”. Tekst powinien jednoznacznie wskazywać, że przywołane wartości odnoszą się do pomiarów powierzchni swobodnych.
8. Str. 35, tytuł rozdziału 3 to „Cel i hipoteza pracy”, natomiast w ostatnim akapicie tego rozdziału napisano: „Teza badawcza”. Proponuję ujednoczenie nazewnictwa. Dodatkowo, postawiona teza jest w obecnej formie dość oczywista. Jeżeli uda się „wprowadzić pomiar gwintu bezpośrednio na obrabiarkę” to z bardzo dużym prawdopodobieństwem spowoduje to „skrócenie czasu obróbki” (szczególnie przy założeniu, że dotychczas stosowana metoda pomiaru jest metodą manualną, tak jak było w przypadku tej rozprawy), a z całą pewnością „pozwoli na zachowanie zasady ‘closed door manufacturing’ ”. Teza powinna w mojej ocenie skupić się na problemach związanych z samym „wprowadzeniem pomiarów gwintu bezpośrednio na obrabiarkę”.

Ten proces oraz związane z nim metody pomiarowe stanowią o nowości rozprawy i nie zostały do tej pory opisane w literaturze naukowej.

9. Uwaga ogólna do badań zaprezentowanych w podrozdziale 4.1 – dla każdej badanej prędkości skrawania wykonano tylko po jednym egzemplarzu danego rodzaju gwintu (trójkątnego, trapezowego symetrycznego i trapezowego niesymetrycznego). Z opisów badań wynika również, że każda powierzchnia boczna wrębów gwintu została zmierzona jednokrotnie. Ciężko wysuwać ogólne wnioski dotyczące topografii powierzchni gwintów na podstawie tak małej próby badawczej. Czy Autor rozważał możliwość przygotowania większej liczby próbek oraz wykonania ich wielokrotnego pomiaru?
10. Str. 37, opis poniżej rysunku 4.2 powinien zostać uzupełniony o dodatkowy rysunek poglądowy przedstawiający położenie gwintu oraz obszar gwintu, który podlegał pomiarom, lub zamiast tego powinny zostać podane dodatkowe parametry pomiaru, takie jak: zakres pomiaru w osi 'z', obszar pomiaru w osiach 'x' oraz 'y', czas trwania pomiaru.
11. Uwaga ogólna do tabel oraz rysunków w rozprawie, na których konieczne było określenie jednostek, w których podawane były prezentowane wyniki. Zgodnie z obowiązującymi w tym zakresie wytycznymi zapisywania jednostek (zawartymi w publikacji BIPM pt. „The International System of Units 9th edition (2019)”), zapis który został przez Doktoranta wykorzystany w większości tabel oraz rysunków, czyli zapis jednostek w nawiasach kwadratowych, nie jest poprawny. Jednostki w tabelach oraz wykresach powinny być podawane bez nawiasów kwadratowych, jeżeli określana jest sama jednostka lub po znaku '/' albo po przecinku, gdy przed jednostką podawana jest nazwa zmiennej lub wielkości (czyli np. $S_a / \mu\text{m}$, a nie $S_a [\mu\text{m}]$).
12. Str. 40-41, „W przypadku gwintów typu ACME, zaobserwowano, że para wartości S_{sk} - S_{ku} uzyskuje korzystniejsze wyniki dla prędkości skrawania $v_c=30$ m/min, w porównaniu do $v_c=17$ m/min”. W jakim sensie te wyniki były korzystniejsze, tzn. jakie było kryterium według którego część wyników uznano za 'korzystniejsze', a drugą część za 'mniej korzystne'.
13. Str. 43, „Maksymalne zarejestrowane wgłębienie wystąpiło, podobnie jak w przypadku parametru S_p , dla powierzchni gwintu o zarysie trójkątnym, bok bierny, $v_c=17$ m/min, i wynosi $S_v=7,06$ ”. Brak określenia jednostki dla wartości parametru S_v .
14. Str. 45, „Dzięki temu można założyć, że stan powierzchni nie powinien wpływać negatywnie na możliwość prawidłowego pomiaru wymiarów geometrycznych realizowanych stykowo czy też bezstykowo”. Czy w tym zakresie sformułowane zostały wcześniej jakieś założenia? Jakie wartości parametrów chropowatości powierzchni 3d spowodowałyby, że Autor uznałby, że stan powierzchni wpływa negatywnie na możliwość prawidłowego pomiaru wymiarów geometrycznych realizowanych stykowo czy też bezstykowo?
15. Str. 45, „Celem prac było wykrycie potencjalnych wad, czy defektów, które mogłyby wpłynąć negatywnie na wybór metody pomiarowej”. Dobrze byłoby w tym miejscu podać kilka przykładów takich wad, które mogłyby to spowodować.
16. Str. 45, następny akapit. Ten akapit to w większości powtórzenie tekstu ze strony 36. Zamiast niego w tym miejscu mogłoby znaleźć się odwołanie do tej części pracy.
17. Str. 52, w równaniach 4.2, 4.3 i 4.6 podano wyliczone wartości optymalnych średnic waleczków pomiarowych stosowanych w metodzie trójwaleczkowej. Nie jest do końca

jasne jaka jest zależność tych wartości z wartościami średnic wałeczków podanymi w tabeli 4.2.

18. Str. 57, poniżej tabeli 4.4, „Porównując wyniki pomiarów średnic zewnętrznych dla trzech rodzajów gwintów zauważono, że maksymalna różnica pomiędzy metodą ręczną i automatyczną wynosi 3 μm , co potwierdza zasadność zamienności obu metod”. To prawda jeżeli porównujemy ze sobą wartości średnie. Dla wartości minimalnych oraz maksymalnych różnice pomiędzy dwoma różnymi metodami są znacznie większe i sięgają nawet ponad 10 μm .
19. Str. 57-58, „Na podstawie uzyskanych wyników można potwierdzić, iż możliwe jest zautomatyzowanie pomiaru wybranych cech gwintów zewnętrznych zarówno poprzez metody stykowe jak i bezstykowe”. Można, ale jak pokazały to wyniki badań zaprezentowanych w pozostałych częściach pracy, nie dla wszystkich zadań pomiarowych jest to możliwe z zastosowaniem zarówno metod stykowych jak i bezstykowych.
20. Str. 58 poniżej, „Na podstawie analizy wyników przedstawiono zalecenia odnośnie toczenia gwintów zewnętrznych w celu poprawy parametrów przestrzennych topografii powierzchni”. Nie znalazłem takich zaleceń w treści rozdziału 4.
21. Str. 60, w tabeli 5.1 podano parametry dla osi ‘X’ oraz ‘Z’ czujnika Gocator. Osie ‘X’ oraz ‘Z’ nie zostały dla tego urządzenia zdefiniowane (nie wiadomo w jakim kierunku są położone w stosunku do elementów konstrukcyjnych czy pomiarowych skanera). Dodatkowo, dla parametru ‘klasa lasera’ podano „2 (niebieski, 405 nm)” czy słowa „niebieski” oraz „405 nm” również odnoszą się do klasy lasera?
22. W rozdziale 5.1 wyniki pomiarów gwintów zrealizowane z zastosowaniem laserowego skanera triangulacyjnego zostały porównane z „profilem nominalnym gwintu opracowanym w programie Catia”. Takie podejście jest jednym z możliwych, natomiast z praktycznego punktu widzenia wyniki tych pomiarów powinny zostać porównane z wynikami wzorcowania (lub dokładnego pomiaru jeżeli z jakichś względów wzorcowanie nie było możliwe do wykonania) rzeczywistego zarysu gwintu. Odnosząc je do profilu nominalnego pomijane są rzeczywiste błędy wytworzenia gwintu, które występują w każdym procesie wytwarzania.
23. Str. 63 i 64, Autor poświęca prawie stronę tekstu na opis filtrów, które umożliwiają filtrowanie zmierzonych profili. W dalszej części pracy nie znalazłem informacji o stosowanych w pomiarach filtrach. W związku z powyższym, czy opis funkcjonowania filtrów jest w tym miejscu konieczny?
24. Str. 65, „Jak można zauważyć na rysunku 5.9 profil zmierzony pokrywa się nominalnym w przedziale $\pm 0,01$ mm co świadczy o poprawnym pomiarze”. Czy istnieje jakieś naukowe uzasadnienie przyjęcia właśnie takiego przedziału? Dlaczego nie np. 0,005 mm lub 0,02 mm?
25. Str. 66 i kolejne, rysunki 5.9 – 5.11, 5.13, 5.15 – 5.19 – brak opisów osi ‘x’ oraz ‘y’.
26. Str. 66, pomiędzy rys. 5.9 i 5.10, „Warty podkreślenia jest fakt, iż widoczna części została dobrze odwzorowana i również mieści się zakresie $\pm 0,01$ mm”. Z tego zdania nie wynika co określa (czego dotyczy) zakres $\pm 0,01$ mm.
27. Str. 69, dlaczego dla gwintu ACME zastosowano pochylenia osi wałka względem czujnika optycznego wynoszące 0, 30 oraz 40 stopni, jeżeli wcześniej dla gwintu UNJ pochylenia te wynosiły 0, 20 oraz 40 stopni?

28. Str. 73, „Niestety ze względu na liczne szумы, porównanie zmierzonej powierzchni z powierzchnią nominalną było niemożliwe ze względu na brak możliwości dopasowania.
- Obraz chmury punktów zebranych z powierzchni gwintu trapezowego symetrycznego wzdłużnie do osi wałka pozwolił na porównanie jej z modelem o wymiarach nominalnych”. Czy te dwa zdania, które zacytowano powyżej, a które w pracy występują zaraz po sobie, nie wykluczają się?
29. Str. 73 poniżej, „W pierwszym przypadku kolorową mapę odchyłek wygenerowano poprzez rzutowanie chmury punktów na model powierzchniowy gwintu. Na drugim obrazie mapa została przedstawiona na rzeczywistej chmurze punktów”. Czym różnią się te dwie sytuacje? Czy chodzi o przyjęcie w różny sposób elementu ruchomego oraz elementu stanowiącego odniesienie do porównania? Jeśli tak to powinno to być wprost napisane, tzn. który element był dopasowywany do drugiego, a który był nieruchomy w trakcie tego dopasowania.
30. Str. 75, „Z powyższej analizy można wywnioskować, iż kierunek umiejscowienia elementu pomiarowego względem układu ma kluczowe znaczenie i każda zmiana powoduje istotne różnice”. Za słowem układu należałoby jeszcze doprecyzować, że chodzi o „układ pomiarowy”, ponieważ słowo „układ” w metrologii współrzędnościowej może również oznaczać „układ współrzędnych”.
31. Str. 77, wyniki pomiarów zaprezentowane w tabelce o tytule „Odległość” na rysunku 5.31 zostały podane bez określenia jednostki.
32. Str. 80, opis zrealizowanych pomiarów dokładności i powtarzalności pozycjonowania osi wykorzystywanej w pracy tokarki sterowanej numerycznie. Dlaczego dla osi Z nie zrealizowano pełnego cyklu pomiarowego zalecanego przez normę ISO 230-2, a wybrano jedynie 2 punkty kontrolne?
33. Str. 81, ostatnia linijka tekstu, „Dla pomiarów osi Y temperatura zawierała się odpowiednio od 5,22 do 25,3°C”. Patrząc na zmienność temperatury podaną dla pozostałych testów opisanych w tym podrozdziale zapewne chodziło tutaj o zakres od 25,22 do 25,3 °C.
34. Str. 84, „Omawiając te dane można przyjąć za wartość referencyjną pozycję w okolicach środka osi, czyli w tym przypadku wartość 50 mm”. Zgodnie z opisem na stronie 80 dla „osi Y wykorzystano cały zakres przesunięcia od -100 do 150 mm” czyli środek osi znajduje się w punkcie o współrzędnej 25 mm. Dlaczego w takiej sytuacji za wartość referencyjną przyjęto 50 mm, a nie np. 0 mm. Punkty o tych współrzędnych wchodziły w skład cyklu pomiarowego i są one równoodległe od punktu o współrzędnej 25 mm?
35. Str. 86, ostatni akapit na stronie „Końcówkę pionową opisano jako D1, a poziome końcówki jako D2”. W metrologii współrzędnościowej dobrą praktyką jest nadawanie unikalnej nazwy każdej końcówce pomiarowej zakończonej kulką pomiarową. Czyli jeżeli układ trzpieni składa się z trzech końcówek, jednej pionowej oraz dwóch poziomych to przy wybranym sposobie nazywania końcówek powinny one nazywać się odpowiednio D1, D2 i D3, lub ew. D1, D2_1 oraz D2_2.
36. Str. 88, „Wartość korekcji sondy ustalana jest poprzez kalibrację trzpienia pomiarowego na pierścieniu o precyzyjnie określonej średnicy wewnętrznej”. O jaką korekcję tutaj chodzi? O korekcję promieniową?

37. Str. 88, ostatni akapit, „Następnie przeprowadza się serię pomiarów, aż do momentu uzyskania powtarzalności pięciu kolejnych pomiarów w zakresie 1 μm ”. Jakiej cechy czy relacji dotyczą te pomiary? Promienia, średnicy czy odchyłki okrągłości?
38. Str. 88 i 89, „Dane kalibracyjne dla każdej pozycji i sondy są przechowywane w urządzeniu, a konkretne numery danych kalibracyjnych dla wybranej sondy muszą być wywoływane w zależności od pozycji pomiarowej”. Co określa wspomniana pozycja pomiarowa? Czy jest to pozycja głowicy w przestrzeni roboczej obrabiarki, czy może chodzi o jakąś inną pozycję?
39. Czy opisywane na stronie 89 szlifowany pierścień o średnicy wewnętrznej równej 58,004 mm oraz wał o średnicy zewnętrznej wynoszącej 115,918 mm zostały przed wykonaniem pomiarów z zastosowaniem sond obrabiarkowych wywzorcowane? Wymiary te zostały wykorzystane jako odniesienie przy wyznaczaniu odchyłek pomiarów średnic z zastosowaniem opracowanego stanowiska pomiarowego, czy zostały one wyznaczone właśnie na drodze wzorcowania przedmiotów mierzonych czy w jakiś inny sposób? Jeśli w inny sposób to proszę o opisanie go.
40. Str. 90, pierwszy akapit. Czy opisywana stabilność temperatury na hali produkcyjnej, wewnątrz maszyny i temperatury chłodziwa została sprawdzona? Czy temperatura liniałów obrabiarki była monitorowana w trakcie opisywanych eksperymentów?
41. Model niepewności pomiaru zaproponowany na stronie 90 jest modelem bardzo uproszczonym i niezbyt nadającym się do określania niepewności pomiarów współrzędnościowych średnic wałów, pierścieni czy gwintów, które ze względu na naturę pomiaru współrzędnościowego są pomiarami pośrednimi. W tym zastosowaniu zdecydowanie lepiej wykorzystać budżet niepewności, który zresztą Autor opracował w ramach podrozdziału 5.5 lub skorzystać z któregoś z metod opisanych w serii norm ISO 15530.
42. Str. 91 i 92, rysunki 5.43 oraz 5.44, opis osi 'x' rysunków brzmi „Numer punktu pomiarowego”. W odniesieniu do pomiarów, których wyniki zostały zaprezentowane na tych rysunkach należałoby napisać „Numer pomiaru”.
43. Str. 91, poniżej rysunku 5.43, „Wartości średnie między dwiema seriami pomiarowymi różniły się o 1,7 μm . Może to wynikać z błędu kształtu pierścienia, a także z samej kalibracji końcówki D1”. Czy wartość wspomnianych „błędów kształtu pierścienia” została wcześniej wywzorcowana?
44. Str. 91, koniec strony, „Co istotne, o ile dla osi Y uzyskano niepewność pomiarową porównywalną z poprzednią, tak dla osi Z była ona dwukrotnie większa i wynosiła $U=1,8 \mu\text{m}$. Powodem tego może być zużycie osi Z, która ma zdecydowanie większy zakres ruchu, a także jest najbardziej obciążona podczas toczenia wzdłużnego”. Faktycznie wartość odchylenia standardowego jest niższa dla osi 'Y', ale odchyłka pomiaru obliczona względem wartości referencyjnej jest niższa dla osi 'Z'. Czym może to być spowodowane?
45. Str. 94, „Różnica zaobserwowana w osi Z była prawdopodobnie spowodowana stanem technicznym obrabiarki, ponieważ oś ta jest najbardziej obciążona podczas toczenia, co może powodować zwiększone luzy w układzie napędowym. Jest to również z pewnością oś o najdłuższym zakresie ruchu, kilkukrotnie dłuższym niż oś Y”. Różnice w wartościach luzów dla osi 'Y' oraz 'Z' mogłyby zostać porównane gdyby w ramach prac opisanych w podrozdziale 5.2 przeprowadzono pełną analizę dokładności pozycjonowania również dla osi 'Z' i gdyby został dla niej wyznaczony parametr B_i

(tak jak zostało to uczynione dla osi 'Y'). Dałoby to jednoznaczną odpowiedź na przytoczone rozważania.

46. Str. 94 i 95, „W przypadku obu sond uzyskano zadowalające wyniki, dzięki czemu można je z powodzeniem stosować zamiennie z klasycznymi, ręcznymi przyrządami pomiarowymi”. Jakie kryterium zostało zastosowane w celu sprawdzenia czy uzyskane wyniki są ‘zadowalające’?
47. Str. 96, rysunek 5.49. Szkoda, że na rysunku zaprezentowano tylko samą końcówkę pomiarową o dość typowej budowie, a nie cały zestaw obejmujący również przedłużacz oraz redukcję.
48. W opisie opracowanej metody pomiarowej zawartym w rozdziale 5.4.1 brak następujących informacji:
 - metoda bazowania (budowy lokalnego układu współrzędnych) części mierzonej lub inna informacja o układzie współrzędnych, w którym realizowane są pomiary,
 - sposób korekcji promienia kulki pomiarowej (lub informacja o braku wykonywania korekcji i wykorzystywaniu do obliczenia wyniku pomiaru tylko wartości współrzędnych środka kulki pomiarowej).
49. Str. 113, pierwszy akapit. Opis zawarty w tym akapicie dotyczy tylko i wyłącznie konkretnego przypadku, który był rozpatrywany w przedsiębiorstwie, w którym zatrudniony jest Doktorant. Przydałoby się również bardziej ogólne podsumowanie omawiające sposób wprowadzania korekcji noża tokarskiego na podstawie rezultatów uzyskanych z zastosowaniem opracowanej metody pomiaru gwintów zewnętrznych.
50. Str. 115, ostatni akapit, „W celu zbadania wpływu układu pomiarowego wykonano test przy użyciu płytki wzorcowej klasy I o długości $L=100$ mm. Długość ta jest bliska średnicy podziałowej mierzonych gwintów. Dokonano serii 50 pomiarów dwupunktowych wzorca przy pomocy sondy pomiarowej w kierunku osi Y”. Zawarta tutaj informacja o klasie dokładności płytki wzorcowej daje pewne informacje na temat jej maksymalnych możliwych błędów, natomiast taka płytka wzorcowa powinna zostać przed pomiarami wywzorcowana i reprezentowana przez nią długość powinna zostać wyznaczona z dużą dokładnością.
51. Str. 116, w opisie zmiennych występujących w równaniu (5.10) przy symbolu u_{Ap} widnieje opis „niepewność standardowa obliczona metodą A dla płytki wzorcowej”. Brak doprecyzowania jakiej cechy dotyczy ta składowa (powinno być np. ‘niepewność standardowa związana z procedurą pomiaru długości płytki wzorcowej’).
52. Str. 117, równanie (5.12) i opis ponad nim. Dlaczego założony został trójkątny rozkład prawdopodobieństwa? Dlaczego w liczniku tego równania wstawiono wartość $0,05 \mu\text{m}$?
53. Str. 117, równanie (5.15). Zgodnie z przyjętą metodologią $u(M_p) = u_{cp}$. Dlaczego w równaniu (5.15) u_{cp} zostało podane jako $0,748 \mu\text{m}$ skoro wcześniej na tej stronie, w równaniu (5.13) podano wartość u_{cp} jako $0,8 \mu\text{m}$?
54. Str. 118, tekst pod tabelą 5.20, „W wyniku przeprowadzonych obliczeń, korzystając z wyników otrzymanych dla płytki wzorcowej oraz wzoru na niepewność pomiarową metody trójwałeczkowej otrzymano wartości rozszerzonej niepewności pomiarowej dla GWINTU 1 i 2 $U=9,5 \mu\text{m}$ oraz dla GWINTU 3 i 4 $U=6,7 \mu\text{m}$. Biorąc pod uwagę wartości pola tolerancji mierzonej średnicy podziałowej równej $140 \mu\text{m}$, wynik ten jest satysfakcjonujący”. Na jakiej podstawie uznano wynik za satysfakcjonujący? Czy

został postawiony warunek (kryterium), który musiał zostać spełniony aby można było tak stwierdzić?

55. Str. 118, „Powierzchnie błyszczące generują szумы z powodu refleksów świetlnych, które można częściowo eliminować poprzez pochylenie obiektu względem układu pomiarowego. Jednakże w produkcji wymagałoby to bardziej złożonego układu pomiarowego, co zwiększa koszty i złożoność”. To stwierdzenie jest prawdziwe dla czujnika, który został zastosowany do realizacji pomiarów w ramach recenzowanej rozprawy doktorskiej. Generalnie, istnieją również inne sposoby eliminacji szumów pochodzących od refleksów świetlnych (np. zastosowanie w skanerze laserowym źródła światła o innej barwie).
56. Str. 120, wniosek poznawczy nr 3, „Pomiary optyczne, mimo szeregu zalet takich jak szybkość pomiaru oraz uniwersalność nie znajdują zastosowania w pomiarze gwintów na obrabiarce CNC”. Przed słowem „zastosowania” dodałbym słowo „obecnie”, ponieważ w świetle badań przedstawionych w tej rozprawie faktycznie nie udało się z powodzeniem wdrożyć systemu bazującego na pomiarach optycznych, ale z całą pewnością w niedalekiej przyszłości systemy tego typu zostaną na tyle udoskonalone, że będą w tym zastosowaniu wykorzystywane zamiennie z systemami stykowymi.
57. Str. 120, wniosek użyteczny nr 3, „Wdrożenie pomiaru do praktyki produkcyjnej pozwala na ograniczenie błędów wynikających z tzw. „czynnika ludzkiego” oraz na zwiększenie efektywności wykorzystania obrabiarki CNC”. Czy ten wniosek wynika bezpośrednio z badań zrealizowanych i opisanych w ocenianej rozprawie? Nie udało mi się znaleźć w rozprawie fragmentów, które dowodzą, że faktycznie tak jest.
58. Str. 126, bibliografia, brak pozycji [58] oraz [59]. Ze względu na to pozycje od [60] do [164] mają złą numerację (o 2 numery za wysoką).

Ogólna ocena rozprawy

Treść rozprawy jest zgodna z tematem zaakceptowanym przez Radę Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Poznańskiej. Podjęty temat jest z całą pewnością istotny zarówno z poznawczego jak i praktycznego punktu widzenia. Dotyczy on zagadnień, które znajdują się w jednym z głównych trendów rozwojowych metrologii przemysłowej. Zdefiniowany przez Doktoranta cel pracy został osiągnięty. Potwierdzona została również postawiona w pracy hipoteza.

Przedstawione we wcześniejszych częściach tej recenzji uwagi zarówno do strony merytorycznej jak i edytorskiej pracy nie mają wpływu na moją wysoką ocenę rozprawy. Wysoko oceniam również potencjał wdrożenia wyników pracy, które zostały już zastosowane w praktyce w przedsiębiorstwie, w którym pracuje Doktorant, co jest bardzo ważne w odniesieniu do prac realizowanych w ramach programu Doktorat Wdrożeniowy, ale w mojej ocenie mają również dużą szansę na aplikację w innych przedsiębiorstwach zajmujących się produkcją części gwintowanych.

Wśród najważniejszych osiągnięć tej rozprawy wymienić należy:

- opracowanie metody automatycznego pomiaru gwintów zewnętrznych na tokarce CNC z zastosowaniem stykowej, tensometrycznej sondy pomiarowej,
- przeprowadzenie szacowania niepewności pomiaru realizowanego w oparciu o zaproponowaną metodę z wykorzystaniem budżetu niepewności,
- badania wstępne i analiza możliwości zastosowania sond bezstykowych do pomiarów gwintów zewnętrznych na tokarce CNC,

- wdrożenie opracowanej metody w przedsiębiorstwie, w którym Doktorant jest zatrudniony.

Podsumowując, w mojej ocenie, rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie przez Autora zagadnienia naukowego, potwierdza ogólną wiedzę teoretyczną Autora w uprawianej dyscyplinie naukowej oraz wykazuje umiejętność Doktoranta do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Wniosek końcowy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska jest oryginalnym osiągnięciem mgr inż. Bartłomieja Krawczyka i stanowi wkład w rozwój badań nad systemami czynnej kontroli jakości gwintów, realizowanej bezpośrednio na urządzeniach służących do wytwarzania tych części, zawiera również nową wiedzę uzyskaną w wyniku zaplanowanych i przeprowadzonych przez Doktoranta eksperymentów badawczych, poprzedzonych analizą literaturową.

Na podstawie dokonanej analizy i sformułowanych ocen stwierdzam, że **rozprawa Pana mgr inż. Bartłomieja Krawczyka** pt. „Metodyka pomiaru gwintów zewnętrznych na tokarkach CNC” **spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące w tym względzie aktualne przepisy** i rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2018 roku, poz. 261), w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w **dyscyplinie inżynieria mechaniczna**. W związku z tym **wnioskuję o przyjęcie rozprawy doktorskiej** Pana mgr inż. Bartłomieja Krawczyka i **dopuszczenie jej do publicznej obrony**.

Biorąc pod uwagę potencjał wdrożeniowy pracy, wysoki poziom naukowy i szeroki zakres przeprowadzonych eksperymentów, a także warsztat naukowy Doktoranta, pomimo wymienionych we wcześniejszych częściach recenzji uwag, **wnioskuję o wyróżnienie rozprawy**.

