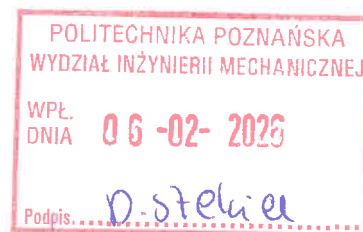


Kraków, 02.02.2026

Prof. dr hab. inż. Wojciech Zębala

Katedra Inżynierii i Automatyzacji Produkcji
Wydział Mechaniczny

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki



RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. **Krzysztofa Smaka**

pt. „*Badania procesu skrawania osiowo-symetrycznych cienkościennych części silników lotniczych o dużej smukłości wykonywanych z materiału trudnoskrawalnego*”

Promotor: Prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko, dr h.c., prof. h.c.

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Piotr Szablewski

1. Podstawa formalna sporządzenia recenzji i przedmiot oceny

Recenzja została sporządzona na zlecenie **Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej** na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Poznańskiej z dnia **1 grudnia 2025 nr. 11/III/11/2025 r.**

Przedmiotem oceny jest rozprawa doktorska mgr inż. Krzysztofa Smaka, wykonana w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna.

Praca doktorska została wykonana w ramach programu "Doktorat wdrożeniowy", finansowanego z budżetu Państwa i realizowanego przy współpracy Politechniki Poznańskiej oraz zakładu Pratt & Whitney Kalisz sp. z o.o.

Rozprawa dotyczy badań procesu skrawania cienkościennych, osiowo-symetrycznych elementów silników lotniczych o dużej smukłości, wykonywanych z materiału zaliczanego do grupy materiałów trudnoskrawalnych. Zakres pracy obejmuje zagadnienia technologii obróbki skrawaniem, dynamiki procesu, podatności układu obrabiarka–uchwyt–przedmiot–narzędzie oraz jakości geometrycznej i strukturalnej wytwarzanych elementów.

Praca doktorska zawiera 265 stron numerowanych formatu A4, 159 rysunków i wykresów oraz 23 tabele. Spis literatury zawiera 128 pozycji.

Doktorant mgr inż. Krzysztof Smak podzielił pracę na 8 rozdziałów, poprzedzonych spisem treści, wykazem ważniejszych oznaczeń i skrótów oraz wprowadzeniem.

Rozdział pierwszy pełni funkcję wprowadzającą do dalszych rozważań. Drugi rozdział pracy zawiera przegląd literatury, w którym scharakteryzowano stop Inconel 718 oraz przedstawiono przykładowe obszary zastosowania stopów niklu w różnych

gałęziach przemysłu. Omówiono również zagadnienia związane ze skrawalnością tego materiału, charakterystyką komponentów cienkościennych i elementów o dużej smukłości, a także zużyciem i trwałością ostrzy w procesie toczenia. Przedstawiono rodzaje materiałów narzędziowych oraz powłok stosowanych do obróbki stopu Inconel 718, a także charakterystykę geometrii i mikrogeometrii ostrzy skrawających rekomendowanych do toczenia wykończeniowego. Ponadto przeanalizowano chropowatość i topografię powierzchni po obróbce, mikrostrukturę warstwy wierzchniej po skrawaniu, temperaturę i siły skrawania, proces formowania wióra oraz jego rodzaje, a także zagadnienia drgań w procesie skrawania wraz z charakterystyką i zastosowaniem oprawek narzędziowych wyposażonych w tłumiki drgań.

W rozdziale trzecim przedstawiono cel pracy oraz sformułowano hipotezy badawcze. Zakres oraz warunki prowadzonych badań omówiono w rozdziale czwartym. Metodologię badawczą, obejmującą opis stanowiska badawczego, materiału obrabianego oraz narzędzi zastosowanych w pracach eksperymentalnych, zaprezentowano w rozdziale piątym. W rozdziale tym przeprowadzono również ocenę zużycia ostrzy, chropowatości powierzchni obrobionej, mikrostruktury warstwy wierzchniej, pomiaru drgań oraz analizę kształtu wiórów.

W rozdziale szóstym zaprezentowano przebieg oraz rezultaty badań wstępnych i zasadniczych, zakończone sformułowaniem wniosków. Rozdział siódmy poświęcono prezentacji procesu wdrożenia opracowanego rozwiązania. W rozdziale ósmym sformułowano wnioski końcowe odnoszące się do tez pracy, wnioski o charakterze poznawczym i aplikacyjnym, propozycje kierunków dalszych badań oraz wnioski z realizacji wdrożenia.

Wykaz literatury zamieszczono na końcu pracy doktorskiej. Autor dołączył również dwa streszczenia pracy w języku polskim i angielskim.

2. Ocena aktualności i znaczenia podjętej tematyki

Podjęta przez Doktoranta tematyka jest **aktualna i istotna** zarówno z punktu widzenia rozwoju naukowego dyscypliny Inżynieria Mechaniczna, jak i potrzeb przemysłu lotniczego. Współczesne konstrukcje silników lotniczych charakteryzują się rosnącym stopniem skomplikowania geometrycznego, redukcją masy oraz coraz częstszym stosowaniem materiałów o wysokiej wytrzymałości i odporności cieplnej, które jednocześnie cechują się trudną obrabialnością.

Szczególnym wyzwaniem technologicznym są cienkościennie elementy osiowo-symetryczne o dużej smukłości, dla których dominującym problemem staje się podatność sprężysta, występowanie drgań samowzbudnych oraz trudności w zapewnieniu wymaganej dokładności wymiarowo-kształtowej. Z tego względu tematyka rozprawy wpisuje się w istotny nurt badań nad stabilnością procesu skrawania i jego optymalizacją.

Należy jednak zauważyć, że potencjał poznawczy pracy mógłby zostać wzmocniony poprzez silniejsze osadzenie rozważań w kontekście teorii układów dynamicznych oraz bardziej formalne powiązanie analiz eksperymentalnych z modelami teoretycznymi opisującymi drgania w procesie obróbki.

3. Sformułowanie celu pracy, tez badawczych i zakresu rozprawy

Doktorant sformułował cel badawczy i cel wdrożeniowy pracy doktorskiej o następujących treściach:

1. *Celem badawczym pracy jest opracowanie rozwiązania technologicznego dla operacji toczenia wykończeniowego wewnętrznej powierzchni części cienkościennych o dużej smukłości wykonywanych z materiału Inconel 718, które wymagają użycia narzędzia o długim wysięgu i niestandardowo dużej trwałości ostrza. Przygotowana koncepcja pozwoli na powtarzalną produkcję takich komponentów zgodnie z wymaganiami wymiarowo – kształtowymi, chropowatości powierzchni oraz mikrostruktury warstwy wierzchniej obrabianej powierzchni.*
2. *Celem wdrożeniowym niniejszej pracy jest optymalizacja fragmentu procesu technologicznego części krytycznej, którą jest cienkościenny wał główny silnika lotniczego produkowany według zaokrąglonych wymagań.*

Oba cele rozprawy zostały sformułowane w sposób poprawny i zrozumiały. Autor zakłada zbadanie wpływu parametrów procesu skrawania, właściwości materiału obrabianego oraz podatności cienkościennego elementu na stabilność procesu oraz jakość wytwarzanych części lotniczych.

Należy jednak zaznaczyć, że tak szeroko sformułowany zakres badawczy skutkuje koniecznością kompromisu pomiędzy zakresem badań a głębokością analizy poszczególnych zagadnień. Bardziej precyzyjne zawężenie celu badawczego – np. do jednego dominującego mechanizmu niestabilności lub wybranej grupy parametrów procesu – mogłoby przyczynić się do uzyskania bardziej jednoznacznych i pogłębionych wniosków.

Osią konstrukcyjną pracy doktorskiej są sformułowane przez Autora następujące dwie tezy badawcze:

1. Wpływ zmiany mikrogeometrii ostrza skrawającego w funkcji czasu skrawania na dokładność wymiarową jest zależny od rodzaju zastosowanej oprawki narzędziowej.
2. Wzrost ciśnienia roboczego cieczy chłodząco – smarującej powyżej 50 bar wpływa negatywnie na mikrostrukturę obrabianego materiału stopu Inconel 718.

Sformułowane tezy badawcze są logiczne, jednak nie zawsze zostały wyraźnie i jednoznacznie zweryfikowane w części wynikowej pracy, np. poprzez pogłębioną analizę statystyczną wyników badań.

W pracy doktorskiej zalecane jest formułowanie tez możliwych do jednoznacznej falsyfikacji.

W przypadku **tezy 1szej** - pojęcie „*mikrogeometria ostrza skrawającego*” jest bardzo szerokie i niejednoznaczne. Może obejmować m.in. promień zaokrąglenia krawędzi, chropowatość krawędzi, mikrofazę, honowanie czy stan powłoki. Brak doprecyzowania, który parametr mikrogeometrii jest analizowany, utrudnia jednoznaczną interpretację tezy oraz jej weryfikację eksperymentalną. Korzystniej byłoby wskazanie na konkretne parametry.

Sformułowanie „w funkcji czasu skrawania” nie precyzuje, czy chodzi o czas efektywnego kontaktu ostrza z materiałem, całkowity czas obróbki, czy stopień zużycia narzędzia wyrażony czasem.

Czas sam w sobie nie jest parametrem fizycznym, lecz pośrednią miarą zużycia, zależną od warunków skrawania. Można rozważyć zastąpienie czasu skrawania bardziej jednoznaczną wielkością, np. stopniem zużycia ostrza (VB), drogą skrawania lub objętością usuniętego materiału.

„Dokładność wymiarowa” może oznaczać różne parametry: odchyłkę średnicy, błąd kształtu, błąd walcowości, powtarzalność wymiaru itp. Brak sprecyzowania utrudnia określenie, co dokładnie będzie mierzone i analizowane.

Podobnie termin „rodzaj oprawki” jest zbyt ogólny. Bez doprecyzowania nie wiadomo, który aspekt oprawki jest kluczowy dla postawionej zależności. Proponuję wskazać na cechę funkcjonalną oprawki, np. obecność tłumika drgań lub różnice w sztywności dynamicznej. Bardziej adekwatna teza do idei pracy mogłaby brzmieć: *„Zmiana promienia zaokrąglenia krawędzi skrawającej oraz parametru VB w wyniku zużycia narzędzia wpływa na odchyłkę wymiarową obrabianego elementu, przy czym skala tego wpływu zależy od zastosowania oprawki narzędziowej z tłumikiem drgań”*.

Odnosnie **drugiej tezy** - wskazanie wartości „powyżej 50 bar” ma charakter arbitralny, jeśli nie zostanie poparte wcześniejszymi badaniami lub normami technologicznymi. Brakuje uzasadnienia, dlaczego właśnie ta wartość stanowi próg zmiany zjawiska. W praktyce przemysłowej systemy HPC (High Pressure Cooling) pracują w bardzo szerokim zakresie (np. 20–150 bar), a efekty zależą także od średnicy dyszy, odległości od strefy skrawania i kąta podania strugi. Zamiast sztywnej granicy należałoby podać zakres ciśnień lub odnieść się do wartości bezwymiarowych (np. intensywności chłodzenia) albo stopniować efekt.

Sformułowanie „wpływa negatywnie” jest subiektywne. Nie określa, czy chodzi o powstawanie warstwy białej, zmiany wielkości ziarna, zwiększenie naprężeń własnych, mikropęknięcia, czy lokalne przehartowanie. Bez jednoznacznego kryterium „negatywności” nie można obiektywnie zweryfikować tezy. Należałoby wskazać konkretne parametry mikrostrukturalne lub zjawiska degradacyjne. Teza nie wyjaśnia mechanizmu wpływu wysokiego ciśnienia cieczy na mikrostrukturę. Samo ciśnienie nie oddziałuje bezpośrednio na strukturę materiału — wpływ jest pośredni poprzez zmianę temperatury strefy skrawania, intensywność chłodzenia, modyfikację procesu formowania wióra, zmiany tarcia. Bez wskazania mechanizmu teza pozostaje opisowa.

Mikrostruktura może oznaczać zarówno strukturę objętościową materiału, jak i mikrostrukturę warstwy wierzchniej po obróbce. W kontekście toczenia Inconel 718 realnie modyfikowana jest głównie warstwa przypowierzchniowa. Teza powinna być zawężona np. do mikrostruktury warstwy wierzchniej (*surface integrity*). Dla przykładu taką **tezę można przedstawić następująco**: *„Wzrost ciśnienia cieczy chłodząco-smarującej w procesie toczenia stopu Inconel 718 wpływa na charakter zmian mikrostrukturalnych warstwy wierzchniej w zakresie deformacji i wady WW przy czym efekt ten zależy od parametrów skrawania”*.

4. Ocena analizy stanu wiedzy i przeglądu literatury

Rozdział poświęcony analizie stanu wiedzy został opracowany poprawnie pod względem formalnym i obejmuje istotne zagadnienia związane z obróbką materiałów trudnoskrawalnych oraz problematyką cienkościennych elementów o dużej smukłości.

Doktorant przeprowadził kompleksową analizę problemów obróbkowych w szerokim zakresie. Jednocześnie należy sformułować kilka uwag krytycznych:

Przegląd literatury ma w dużej mierze charakter opisowy, a nie krytyczno-porównawczy.

W analizie literatury wykorzystano znaczną liczbę publikacji starszych niż 10 lat, w tym wiele pozycji o znacznie wcześniejszej dacie wydania, co budzi wątpliwości co do aktualności przywołanego stanu wiedzy. Dotyczy to w szczególności następujących pozycji (w nawiasie rok publikacji): 1 (2001), 2 (2001), 8 (1998), 14 (1996), 21 (1989), 22 (1987), 24 (1995), 25 (1967), 26 (2004), 30 (2003), 31 (1982), 32 (brak roku), 35 (2006), 36 (1995), 41 (2004), 50 (1994), 53 (1907), 54 (1996), 55 (1988), 56 (1983), 57 (1992), 60 (1995), 61 (2004), 64 (2007), 67 (2007), 74 (2004), 81 (2007), 100 (2005) oraz 121 (1999). Z punktu widzenia dalszego rozwoju badań oraz przyszłych publikacji naukowych zasadne byłoby jednak systematyczne uwzględnianie możliwie najbardziej aktualnych pozycji literaturowych, odzwierciedlających bieżący stan wiedzy oraz najnowsze kierunki badań w analizowanym obszarze.

Pewien niedosyt budzi brak wyraźnego wskazania różnic pomiędzy prezentowanymi w literaturze podejściami badawczymi oraz jednoznacznego zdefiniowania luki badawczej, którą w zamierzeniu ma wypełniać recenzowana rozprawa. Część ta mogłaby zostać wzmocniona poprzez bardziej syntetyczne podsumowanie stanu wiedzy i jego ograniczeń.

Stwierdzenie, że „brakuje informacji” jest dość kategoryczne i może być trudne do jednoznacznej weryfikacji. W rzeczywistości w literaturze mogą istnieć częściowe dane dotyczące toczenia Inconel 718, choć niekoniecznie w kontekście wszystkich parametrów (np. wysięgu narzędzia lub tłumika drgań). Proponuję zamiast absolutnego stwierdzenia „**brak informacji**” lepiej użyć sformułowań typu „w literaturze istnieje ograniczona liczba badań” lub „dostępne informacje są niewystarczające w zakresie zastosowania do skrawania osiowo-symetrycznych cienkościennych części z Inconel 718”.

Stwierdzenie na str. 99 cyt. „..... toczenia wykończeniowego stopu Inconel 718 narzędziami o długim wysięgu wyposażonymi w tłumik drgań”, nie definiuje czym dokładnie jest „długi wysięg” (np. w mm lub w stosunku do średnicy narzędzia), rodzaju tłumika drgań (pasywny, aktywny, jego charakterystyki dynamiczne). Brak takich definicji utrudnia wykazanie luki w literaturze w sposób jednoznaczny.

Fragment na tej samej stronie, cyt. „Ograniczone są także wiadomości na temat wpływu tego typu narzędzi na zużycie ostrza oraz otrzymywaną chropowatość powierzchni obrabianej” jest poprawny, ale wymaga doprecyzowania:

- Jakie parametry zużycia ostrza są rozważane (VB, zużycie pow. przyłożenia, powstanie krateru na pow. natarcia)?
- Jak mierzona jest chropowatość (Ra, Rz, Rt, topografia powierzchni)?

Bez tego nie wiadomo, jakie aspekty „ograniczenia wiedzy” są rozpatrywane.

Ostatnie zdanie, str. 99: cyt. „Rozpoznanie problemu naukowego (...) pozwala uzasadnić celowość podjęcia badań mających charakter poznawczy i użytkowy” jest poprawne logicznie, ale można je wzmocnić poprzez wskazanie, w jaki sposób brak danych w literaturze uzasadnia zarówno część poznawczą (mechanizmy procesu) jak i praktyczną (optymalizacja toczenia, dobór narzędzi). Np. można stwierdzić, że „Rozpoznanie tej luki badawczej uzasadnia podjęcie badań zarówno o charakterze poznawczym, mających na celu analizę mechanizmów procesu skrawania, jak i użytkowym, ukierunkowanych na optymalizację parametrów toczenia w warunkach przemysłowych”.

5. Ocena metodyki badań teoretycznych i eksperymentalnych

Zastosowana metodyka badawcza jest zasadniczo **poprawna i adekwatna** do postawionego celu pracy. Doktorant zaplanował i przeprowadził badania eksperymentalne z wykorzystaniem nowoczesnego zaplecza laboratoryjnego oraz odpowiednio dobranych narzędzi skrawających. Jednocześnie można zauważyć następujące ograniczenia metodyczne:

- Nie przedstawiono jednoznacznego uzasadnienia doboru zakresów parametrów skrawania, w szczególności w odniesieniu do ich reprezentatywności dla warunków przemysłowych.
- W pracy nie przeprowadzono analizy niepewności pomiarowej, oraz analizy statystycznej wyników badań, co utrudnia ocenę wiarygodności części wyników ilościowych.
- Na stronie 230 Autor stwierdza, że wyniki uzyskane przy zastosowaniu oprawek o wysięgu 120 mm oraz 700 mm w istotnym stopniu zależą od wartości parametrów skrawania, które determinują stabilność pracy układu obróbkowego. Jednocześnie należy podkreślić, że w przeprowadzonych badaniach zastosowano bardzo wąski zakres parametrów technologicznych, co istotnie ogranicza możliwość uogólnienia sformułowanych wniosków. W szczególności dotyczy to posuwu, który jest jednym z kluczowych parametrów wpływających zarówno na mechanizmy zużycia ostrza, jak i na dokładność wymiarowo-kształtową oraz jakość powierzchni obrabianej. Rozpatrzenie jedynie dwóch wartości posuwu (0,10 mm/obr oraz 0,14 mm/obr) nie pozwala na jednoznaczne określenie trendów zmian ani na identyfikację potencjalnych obszarów przejściowych pomiędzy stabilnym a niestabilnym przebiegiem procesu skrawania. Ponadto tak ograniczony zakres parametrów utrudnia ocenę wpływu posuwu na intensywność zużycia ostrza, charakter mechanizmów zużycia (ścieranie, adhezja, wykruszanie) oraz na powstawanie błędów wymiarowych i odkształceń geometrycznych obrabianych elementów. Zasadne byłoby zatem rozszerzenie zakresu analizowanych parametrów skrawania, co pozwoliłoby na bardziej kompleksową ocenę stabilności procesu, zwiększenie wiarygodności uzyskanych wyników oraz podniesienie ich wartości aplikacyjnej.

Uwagi te nie podważają poprawności całej metodyki, jednak wskazują na obszary, które mogłyby zostać dopracowane w dalszych badaniach.

6. Analiza i interpretacja wyników badań

Wyniki badań zostały zaprezentowane w sposób czytelny, z wykorzystaniem wykresów i zestawień tabelarycznych. Autor wykazał się umiejętnością prowadzenia eksperymentów oraz porządkowania uzyskanych danych.

Interpretacja wyników ma jednak w niektórych miejscach charakter opisowy, a nie analityczny. Brakuje jednoznacznego określenia granic stosowalności uzyskanych wyników, czy systematycznego porównania rezultatów z danymi literaturowymi lub alternatywnymi modelami teoretycznymi.

Doktorant w swojej pracy przedstawił szeroką i wartościową analizę parametrów związanych z mikrostrukturą, chropowatością powierzchni, drganiami, zagadnieniami tribologicznymi oraz zużyciem ostrza. Na szczególne podkreślenie zasługuje identyfikacja zmian mikrostrukturalnych w warstwie wierzchniej, w tym obserwowanych odkształceń plastycznych powstałych w wyniku oddziaływań mechaniczno-termicznych w strefie skrawania. Szkoda, że analiza mikrostruktury nie została uzupełniona o pomiary naprężeń własnych w warstwie wierzchniej. W szczególności brakuje informacji dotyczącej charakteru tych naprężeń, tj. ich składowych rozciągających lub ściskających, które mają istotne znaczenie z punktu widzenia oceny nośności, trwałości zmęczeniowej oraz odporności eksploatacyjnej obrabianych elementów. Uzupełnienie tego zakresu badań w przyszłych pracach mogłoby dodatkowo wzmocnić interpretację uzyskanych wyników oraz zwiększyć wartość aplikacyjną przedstawionych rezultatów

7. Oryginalność rozprawy i wkład własny Doktoranta

Do oryginalnych aspektów rozprawy, stanowiące wkład Doktoranta w rozwój wiedzy z zakresu technologii obróbki skrawaniem cienkościennych elementów lotniczych należy zaliczyć szeroki i wieloaspektowy zakres przeprowadzonych badań eksperymentalnych, obejmujących analizę mikrostruktury warstwy wierzchniej, parametrów chropowatości, charakterystyk drganiowych, zjawisk tribologicznych oraz mechanizmów zużycia ostrza. Na podkreślenie zasługuje również podjęcie aktualnej i istotnej z perspektywy przemysłu problematyki toczenia stopu Inconel 718 z wykorzystaniem narzędzi o dużym wysięgu wyposażonych w tłumik drgań, co stanowi obszar rzadko eksplorowany w literaturze i praktyce inżynierskiej.

8. Wartość aplikacyjna pracy

Rozprawa posiada istotny potencjał aplikacyjny, szczególnie w kontekście przemysłu lotniczego. Zaproponowane zalecenia technologiczne mogą stanowić punkt wyjścia do dalszych prac wdrożeniowych choć z uwagi na ich nieco ogólny charakter

wymagałoby to przeprowadzenia dodatkowych badań walidacyjnych, uwzględniających m.in. zmienność warunków produkcyjnych i długookresową stabilność procesu.

9. Ocena strony redakcyjnej i struktury rozprawy

Recenzowana rozprawa została opracowana starannie. Jest napisana poprawnym językiem technicznym, z zachowaniem zasad edytorskich, tekst jest przejrzysty, argumentacja jasna, a strona formalna dobrze przygotowana. Niewielka liczba drobnych błędów, głównie stylistycznych, nie mają jednak istotnego wpływu na ogólną czytelność pracy.

10. Uwagi końcowe i podsumowanie

Mocne strony pracy

Do istotnych zalet rozprawy należy zaliczyć szeroki zakres przeprowadzonych badań eksperymentalnych, obejmujących analizę mikrostruktury warstwy wierzchniej, chropowatości powierzchni, drgań, zjawisk tribologicznych oraz zużycia ostrza. Na uwagę zasługuje także podjęcie aktualnej i istotnej z punktu widzenia przemysłowego problematyki toczenia stopu Inconel 718 z zastosowaniem narzędzi o dużym wysięgu wyposażonych w tłumik drgań. Praca charakteryzuje się dobrą spójnością tematyczną oraz czytelną strukturą rozdziałów, a zaproponowana metodyka badawcza pozwoliła na uzyskanie obszernego zbioru danych pomiarowych. Pozytywnie należy również ocenić próbę powiązania wyników badań z aspektami aplikacyjnymi, co zwiększa praktyczną wartość przedstawionych rezultatów.

Słabe strony i ograniczenia pracy

Do głównych ograniczeń rozprawy należy zaliczyć wąski zakres analizowanych parametrów skrawania, w szczególności posuwu, co utrudnia formułowanie uogólnionych wniosków oraz ocenę stabilności procesu w szerszym zakresie warunków technologicznych. Pewnym mankamentem pracy, który jednak nie wpływa zasadniczo na jej ogólną wartość merytoryczną, jest brak pełnej analizy statystycznej uzyskanych wyników, co ogranicza możliwość obiektywnej oceny powtarzalności pomiarów oraz wiarygodności zaobserwowanych trendów.

11. Wniosek końcowy

Przedstawione w recenzji uwagi krytyczne mają w większości charakter dyskusyjny i wskazują kierunki możliwego dalszego rozwoju badań nad obróbką stopów niklu w warunkach ograniczonej sztywności układu obróbkowego oraz mogą poprawić merytorykę ewentualnych przyszłych publikacji w czasopismach naukowych. Nie podważają one samodzielności Doktoranta ani poprawności zasadniczej koncepcji pracy.

Autor wykazał się znajomością problematyki badawczej, umiejętnością planowania i realizacji badań oraz zdolnością do formułowania wniosków technicznych. Praca stanowi opracowanie naukowe o odniesieniach praktycznych.

Podsumowując stwierdzam, że w mojej ocenie rozprawa doktorska mgr inż. **Krzysztofa Smaka** pt. *„Badania procesu skrawania osiowo-symetrycznych cienkościennych części silników lotniczych o dużej smukłości wykonywanych z materiału trudnoskrawalnego”*

całkowicie spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. poz. 1668, z 2018 roku z późniejszymi zmianami).

W związku z powyższym **wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Krzysztofa Smaka do publicznej obrony rozprawy doktorskiej** na Wydziale Mechanicznym Politechniki Poznańskiej.

