

dr hab. inż. Maciej Majewski, prof. PK
Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Piotra Grzegorza SENDERA
z Wydziału Mechanicznego
Politechniki Gdańskiej

nt.: ANALIZA GŁADZENIA OTWORÓW WALCOWYCH
PRZY ZMIENNYCH WARUNKACH KINEMATYCZNYCH

Promotor: prof. dr hab. inż. Adam Barylski
Profesor PG

Koszalin, dn. 11.02.2021r.

dr hab. inż. Maciej Majewski, prof. PK
Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny

Koszalin, dn. 11.02.2021r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Piotra Grzegorza SENDERA
z Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej

nt.: ANALIZA GŁADZENIA OTWORÓW WALCOWYCH PRZY ZMIENNYCH WARUNKACH KINEMATYCZNYCH

Promotor: prof. dr hab. inż. Adam Barylski
Profesor PG

*Podstawa opracowania recenzji: pismo Dziekana Wydziału Mechanicznego
Politechniki Gdańskiej z dnia 16 grudnia 2020 r. (L.dz. 222/2020/WM),
do którego dołączono egzemplarz rozprawy doktorskiej.*

1. Ocena tematu i koncepcji rozprawy

Celem rozprawy doktorskiej mgr inż. Piotra Grzegorza SENDERA była weryfikacja wpływu parametrów obróbki na przebieg procesu gładzenia. W ramach rozprawy przeprowadzono badania eksperymentalne gładzenia otworów walcowych ze stałą i zmienną kinematyką na trzech stanowiskach badawczych.

Przedmioty gładzone są stosowane w wielu ważnych gałęziach przemysłu i obserwuje się wzrastające zapotrzebowanie na elementy gładzone o wyższej jakości powierzchni. Jakość powierzchni otworów odgrywa istotną rolę w przemyśle maszynowym, szczególnie w produkcji elementów silników spalinowych i cylindrów hydraulicznych. Rozwój tej metody obróbki wykończeniowej wpływa bardzo korzystnie na uzyskiwanie małej chropowatości powierzchni i dużej dokładności wymiarowej otworów w wykonywanych elementach maszyn.

Autor rozprawy w wyniku przeprowadzonej wnikliwej analizy literatury i na podstawie badań realizowanych m.in. w przedsiębiorstwach przemysłowych stwierdził, że zmienna kinematyka gładzenia umożliwi uzyskanie, podczas gładzenia otworów, lepszej jakości powierzchni obrabianej polegającej na otrzymaniu mniejszej wartości

parametru profilu chropowatości R_a oraz mniejszej odchyłki walcowości gładzonego otworu.

Biorąc pod uwagę analizę problemu przedstawioną w rozprawie, tematykę rozprawy doktorskiej uznaję za ważną dla rozwoju nowych metod obróbki wpływających na redukcję współczynnika tarcia oraz zużywania się współpracujących części maszyn.

2. Ocena celu, hipotezy i zakresu rozprawy

Na podstawie rzetelnie przeprowadzonej analizy literatury naukowej sformułowano hipotezę oraz postawiono cele i zakres rozprawy doktorskiej. Cele rozprawy mają wymiar naukowy oraz wynikają z analiz zagadnień i problemów naukowych w oparciu o najaktualniejsze publikacje głównie z okresu 2015-2018r., oraz najistotniejszych wcześniejszych prac upowszechniających osiągnięcia i kierunki badań z tego zakresu.

Ze sformułowanej hipotezy pracy wynikają główne cele pracy doktorskiej i jej zakres, które obejmują:

1. Przeprowadzenie badań eksperymentalnych gładzenia otworów walcowych ze stałą i zmienną kinematyką na trzech stanowiskach badawczych.
2. Stworzenie modelu matematycznego ubytku materiału oraz przyrostu temperatury w układzie OUPN dla różnych wartości parametrów procesu, dla gładzenia tradycyjnego.
3. Zweryfikowanie wpływu zmiennej kinematyki gładzenia na parametry profilu chropowatości powierzchni obrabianej oraz na odchyłkę walcowości gładzonego otworu.
4. Przeprowadzenie symulacji numerycznych gładzenia, na modelu bryłowym 3D głowicy gładzącej o wymiarach uzyskanych z pomiarów głowicy gładzącej na maszynie współrzędnościowej pomiarowej, w celu weryfikacji odkształcalności tulei o stałej i o zmiennej grubości ścianki na dokładnym modelu 3D narzędzia obróbkowego.
5. Zbadanie wpływu wartości promienia krzywizny ścieżki ziarna ściernego na przyrost temperatury gładzonego otworu, dla gładzenia ze zmienną kinematyką.
6. Zbadanie wpływu wartości promienia krzywizny ścieżki ziarna ściernego na odchyłkę kształtu gładzonego otworu, dla gładzenia ze zmienną kinematyką.

Realizacja ustanowionych celów rozprawy stanowi podstawę do udowodnienia słuszności hipotezy pracy, która została sformułowana w następujący sposób:

„Zastosowanie zmiennej kinematyki gładzenia umożliwi uzyskanie niższej temperatury obrabianego przedmiotu, co wpłynie na mniejszą odchyłkę walcowości otworu i spowoduje skrócenie czasu gładzenia”.

Wybrane cele rozprawy oceniam jako jednoznaczne i precyzyjne, wynikające zarówno z tematu rozprawy, jak i z wniosków z analizy literatury. Ponadto precyzyjnie zdefiniowano zakres zadań, analiz i badań dla tych celów podjętych w rozprawie doktorskiej. Sformułowana hipoteza pracy jest w mojej ocenie poprawna i nieoczywista.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska obejmuje **227** stron druku podzielonego na sześć rozdziałów poprzedzonych wykazem ważniejszych oznaczeń (str.9 - str.10) oraz spisem literatury (**205** pozycji bibliografii – str.204 - str.215), a także streszczeniem w języku polskim (str.5 - str.6) i angielskim (str.7 - str.8), ponadto zawiera wykaz ilustracji (str.216 - str.226) i tabel (str.226) oraz załącznik (str.227). Rozprawa zawiera łącznie **244** rysunki w postaci schematów, wykresów lub fotografii, które w wielu przypadkach zawierają jeszcze po kilka oddzielnych zagnieżdżonych rysunków oraz ponadto **16** tabel. Układ pracy oceniam jako poprawny zarówno co do proporcji poszczególnych części dysertacji, jak i logicznego podziału treści.

Rozprawa doktorska została zrealizowana w Instytucie Technologii Maszyn i Materiałów należącego do Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa Politechniki Gdańskiej, pod opieką naukową prof. dr hab. inż. Adama Barylskiego, który posiada bardzo szeroki dorobek i doświadczenie w zakresie m.in. obróbki ściernej, obróbki wykończeniowej, docierania, gładzenia i polerowania.

W **rozdziale pierwszym** (str.13 - str.71) zatytułowanym „*Analiza literatury związanej z tematem pracy*” Autor przedstawia stan badań z zakresu tematu rozprawy w świetle analizy literatury, kolejno analizując:

- Zagadnienie gładzenia otworów walcowych,
- Rodzaje tekstur powierzchni współpracujących,
- Gładzenie otworów walcowych ze stałą kinematyką,
- Gładzenie otworów walcowych ze zmienną kinematyką,
- Wpływ parametrów gładzenia na wyniki obróbki,
- Wpływ kąta gładzenia na warunki eksploatacji silników spalinowych,
- Wpływ wielkości ziarna ściernego na profil chropowatości powierzchni po gładzeniu,
- Wpływ parametrów procesu na wydajność gładzenia,
- Wpływ parametrów obróbkowych na odchyłki kształtu gładzonego otworu,

- Wpływ parametrów procesu gładzenia na przyrost temperatury przedmiotów gładzonych.

Przedstawiono opracowaną najaktualniejszą analizę stanu zagadnień wraz z przeglądem literatury z zakresu analizy gładzenia otworów walcowych przy zmiennych warunkach kinematycznych, na podstawie pozyskanych najnowszych raportów w publikacjach z różnych jednostek naukowo-badawczych, zarówno komercyjnych jak i instytucji naukowych specjalizujących się w tej dziedzinie.

Autor wykazuje aktualność tematyki rozprawy, uzasadnia ważność prac nad rozwojem tej metody obróbki wykończeniowej, w celu m.in. redukcji współczynnika tarcia i zmniejszenia zużywania się współpracujących części maszyn.

Stwierdzam, że w odniesieniu do zaproponowanego tematu analiza literatury została przeprowadzona w sposób zwięzły, przejrzysty i na poziomie potwierdzającym bardzo dobre przygotowanie Autora do podjęcia postawionych złożonych problemów badawczych.

W **rozdziale drugim** (str.72) zatytułowanym „*Hipoteza pracy, cele naukowe i zakres badań*” Autor definiuje precyzyjnie zakres niezbędnych do zrealizowania zadań mających na celu rozwiązanie postawionych problemów badawczych. Zakres został określony z uwzględnieniem zdefiniowanego tematu, złożonych celów oraz hipotezy rozprawy doktorskiej.

W **rozdziale trzecim** (str.73 - str.82) zatytułowanym „*Problematyka seryjnej obróbki cylindrów silników spalinowych*” scharakteryzowano wybrane problemy występujące w gładzeniu tulei i cylindrów, przeprowadzono analizę termogramów podczas tych procesów oraz scharakteryzowano parametry obróbki i określono ograniczenia aktualnych metod.

W **rozdziale czwartym** (str.83 - str.183) zatytułowanym „*Badania gładzenia otworów walcowych*” przedstawiono schemat przeprowadzonych badań eksperymentalnych gładzenia i modele planów eksperymentów użyte w badaniach wstępnych, których celem była analiza wpływu poszczególnych parametrów procesu na wynik gładzenia, stworzenie modeli matematycznych ubytku materiału oraz wzrost temperatury w układzie OUPN w trakcie obróbki. Cel badań wstępnych stanowiło również zweryfikowanie wpływu zmiennej kinematyki gładzenia na wielkość przyrostu temperatury, w celu weryfikacji zasadności prowadzenia dalszych badań. Autor przedstawia również opracowane plany trójpoziomowe badań eksperymentalnych dla dwóch i trzech czynników wejściowych.

Badania wstępne procesu gładzenia przeprowadzono na honownicy poziomej CNC Sunnen HTH 4000S. Doświadczalnie zbadano przyrost temperatury przedmiotu obrabianego dla stałej i zmiennej kinematyki gładzenia. Badania wykazały, że obróbka ze zmienną prędkością obrotową głowicy w zakresie $n=100\div 120$ obr/min powoduje

większy wzrost średniej wartości temperatury niż dla gładzenia tradycyjnego. Natomiast przeprowadzenie obróbki ze zmianą prędkości obrotowej głowicy w zakresie $n=80\div 120$ obr/min powoduje mniejszy wzrost wartości średniej temperatury niż dla gładzenia tradycyjnego. W konkluzji stwierdzono, że większa wartość zmiany prędkości obrotowej, dla gładzenia przeprowadzonego ze zmienną kinematyką, wpływa na obniżenie temperatury przedmiotu gładzonego. Wyznaczono również odchyłkę kształtu walcowości tulei cylindrów silników spalinowych gładzonych bez zmiany parametrów obróbki.

Badania wstępne wykonano dociekliwie z odpowiednią dyskusją wyników przedstawionych na licznych wykresach oraz opracowano istotne naukowe wnioski.

Istotne wnioski z badań wstępnych obejmują m.in. stwierdzenia, że największy wpływ na ubytek materiału i temperaturę gładzonego przedmiotu oraz na chropowatość powierzchni podczas gładzenia ma nacisk osełki. Ponadto wydajność gładzenia cylindrów silników spalinowych posiadających różne grubości ścianek jest inna dla każdego przekroju. Na podstawie badań stwierdzono średni wzrost temperatury $\Delta T=14,17^{\circ}\text{C}$ w czasie 10 minut podczas gładzenia przeprowadzonego ze stałymi parametrami obróbkowymi. Podczas gładzenia ze zmianą prędkości obrotowej głowicy w trakcie pojedynczego skoku (w zakresie $n=100\div 120$ obr/min) uzyskano średni wzrost temperatury $\Delta T=14,36^{\circ}\text{C}$ w czasie 10 minut. Podczas gładzenia ze zmianą prędkości obrotowej głowicy (w zakresie $n=80\div 120$ obr/min) w trakcie pojedynczego skoku uzyskano średni wzrost temperatury $\Delta T=14,056^{\circ}\text{C}$ w czasie 10 minut, czym stwierdzono i udowodniono zarazem, że zmienna kinematyka gładzenia wpływa na obniżenie temperatury gładzonego przedmiotu.

W ramach dalszych badań wykorzystano współrzędnościową maszynę pomiarową CNC Zeiss Contura do wykonania pomiarów głowicy gładzącej, w celu opracowania modelu 3D tej głowicy w systemie CAD. Samodzielnie stworzony model wykorzystano w symulacjach numerycznych procesu gładzenia. Przeprowadzono również symulacje komputerowe w celu zbadania wielkości odkształceń przedmiotów cienkościennych o stałej grubości przekroju na przykładzie cylindra, z wybranymi parametrami stosowanymi podczas gładzenia. Zbadano także odkształcenia przedmiotów cienkościennych o zmiennej grubości przekroju na przykładzie tulei.

Kolejne czynności badawcze objęły przeprowadzenie symulacji numerycznych odkształceń gładzonych cylindrów na skutek przyrostu temperatury w oparciu o dane, które zostały otrzymane z ich seryjnej obróbki oraz z użyciem modelu 3D głowicy. Analizy w oparciu o użyteczne dane i symulacje komputerowe dokonano z wykorzystaniem programów Solidworks Simulation, Autodesk Simulation, Inventor Professional. Należy stwierdzić, w oparciu o przedstawiony model i ukazane w rozprawie analizy, że badania eksperymentalne zostały przeprowadzone szeroko i ze znaczną docieklivością. Autor dokonał istotnego i treściwego podsumowania

zrealizowanych badań z tego zakresu. We wstępnych badaniach eksperymentalnych zaobserwowano zróżnicowany ubytek materiału tulei cienkościennych, w przekrojach o różnych grubościach ścianki, ze względu na różną wartość deformacji cieplnej oraz ze względu na odkształcenia sprężyste występujące podczas obróbki. Podkreślono, że przekroje najcieńsze sprawiają dużo trudności technologicznych związanych z niejednorodnością intensywności obróbki.

Stwierdzono i poparto dowodami badawczymi, że poznanie wpływu parametrów obróbki, szczególnie zmiennej kinematyki gładzenia, na uzyskiwaną temperaturę przedmiotu gładzonego, wpływającą na wielkość odkształceń termicznych, stanowi zagadnienie bardzo istotne w seryjnej obróbce przedmiotów cienkościennych i ze zmienną grubością ścianki.

Kolejny istotny wniosek powstały w wyniku realizacji badań, dotyczy stwierdzenia, że kontynuowanie badań z uwzględnieniem różnych zakresów zmiany obrotów głowicy w cyklu obróbkowym może dostarczyć pełnej informacji o możliwości sterowania procesem w taki sposób, aby wzrost temperatury w układzie OUPN był jak najmniejszy.

Z symulacji numerycznych wynikają takie same obserwacje i wnioski jak z badań eksperymentalnych. Autor podkreślił, że odkształcenia przekrojów o różnych grubościach mają zróżnicowaną wartość oraz że gładzenie należy przeprowadzać w kilku etapach, aby nie doprowadzać do zbytowego nagrzewania się przedmiotu gładzonego. Ponadto po każdym etapie należy ostudzić przedmiot do temperatury otoczenia.

Dalszy etap badań dotyczył zasadniczych badań eksperymentalnych gładzenia, w konsekwentnym podejściu badawczym po zakończeniu symulacji komputerowych. Autor postawił sobie cel badań stanowiący potwierdzenie hipotezy o korzystnym wpływie gładzenia ze zmienną kinematyką na zmniejszenie przyrostu temperatury oraz na poprawę odchyłki walcowości gładzonego otworu. Pomiar odkształceń gładzonych otworów przeprowadzono na współrzędnościowej maszynie pomiarowej CNC Zeiss Contura. Autor rzetelnie przedstawił wyniki badań gładzenia ze stałymi parametrami kinematycznymi, zawierając również w tej części rozprawy liczne wykresy zależności parametrów profilu chropowatości powierzchni R_a , R_{pk} , R_{vk} , R_k w funkcji parametrów obróbki. Tą część badań także podsumowano wnioskami.

W dalszej części tego rozdziału, przedstawiono wyniki przeprowadzonych badań gładzenia ze zmiennymi parametrami kinematycznymi, które również podsumowano wnioskami o charakterze aplikacyjnym. Ponadto przedstawiono wyniki badań z gładzenia na honownicy hydraulicznej konwencjonalnej WMW ZSZ 200 umożliwiającej bezstopniową zmianę parametrów obróbkowych. Umożliwiło to zmienianie w trakcie skoku zarówno prędkości obrotowej głowicy, jak również prędkości liniowej osiowej i nacisku osełki do przedmiotu gładzonego. Rzetelnie przedstawiono wyniki badań przyrostu temperatury przy gładzeniu ze stałymi warunkami kinematycznymi oraz

przyrostu temperatury i uzyskanych parametrów profilu chropowatości przy gładzeniu ze zmiennymi warunkami kinematycznymi. Tą część badań, która jest również obszerna, podsumowano wnioskami z gładzenia ze zmiennymi warunkami kinematycznymi. Stwierdzono, że gładzenie ze zmiennymi warunkami kinematycznymi (zmianami prędkości obrotowej w trakcie gładzenia) wpływa na zmniejszenie przyrostu temperatury przedmiotu gładzonego o 35,2%, co jest szczególnie pożądane podczas seryjnego gładzenia przedmiotów cienkościennych i ze ściankami o różnych grubościach. Ponadto średnia wielkość wartości zmiennej prędkości obrotowej wpływa na zmniejszenie parametrów profilu chropowatości, m.in. R_a , R_z , R_p , R_q , R_k , R_{pk} , R_{vk} .

W **rozdziale piątym** (str.184 - str.200) zatytułowanym „*Krzywizna trajektorii ziarna ściernego przy gładzeniu otworów walcowych*” Autor przedstawia opracowaną analizę promienia krzywizny trajektorii ruchu ziarna ściernego. Należy potwierdzić, że bardzo dobrym wynikiem przeprowadzonych badań eksperymentalnych jest występowanie niższego przyrostu temperatury przedmiotu dla mniejszej wartości sumy promieni $\sum R[m]$ krzywizn trajektorii ziarna ściernego. Rozdział również podsumowano konstruktywnymi wnioskami i wskazówkami wykorzystania wyników przeprowadzonych analiz.

W **rozdziale szóstym** (str.201 - str.203) zatytułowanym „*Wnioski końcowe*” Autor przedstawia szeroko efekty końcowe realizacji celów rozprawy doktorskiej, z których wynikają wnioski poznawcze i proponowane kierunki dalszych badań.

Zestawienie wniosków poznawczych, opartych na najważniejszych osiągnięciach naukowych pracy i jej wynikach, pozwala na istotny postęp dalszych badań z zakresu rozprawy i wykorzystanie nowej wiedzy w budowie nowoczesnych obrabiarek CNC.

Autor stwierdził, że wdrożenie do oprogramowania honownic sterowania krzywizną trajektorii ziarna za pomocą funkcji opisującej trajektorię ziarna ściernego, może stanowić istotny krok w rozwoju nowoczesnych honownic CNC, ponieważ nie posiadają one możliwości weryfikacji wielkości odkształcenia termicznego gładzonego otworu. Opracowana metodyka sterowania kształtem trajektorii ziarna, w zależności od konstrukcji przedmiotu może pomóc w rozwiązaniu kłopotów wykonawczych i istotnie wpłynąć na wydajność obróbki seryjnej. Osiągnięcia rozprawy mogą umożliwić honownikom CNC weryfikację i korekcję wydajności usuwania materiału na ściankach o różnej grubości.

Zamieszczony po rozdziale szóstym spis literatury zawiera 205 pozycji, do których Autor prawidłowo odwołuje się w tekście pracy.

Obszerna treść rozprawy doktorskiej mgr inż. Piotra G. SENDERA umożliwia przeprowadzenie dyskusji dotyczącej różnych aspektów zrealizowanych prac badawczych, w związku z tym pytania o charakterze dyskusyjnym nasunęły się w następującym kształcie:

1. W jaki sposób została wykorzystana w badaniach doświadczalnych przeprowadzona analiza wpływu wielkości ziarna ściernego ?
2. Pomocne okazałoby się zestawienie porównawcze możliwości wprowadzania zmienności wartości parametrów gładzenia w trakcie trwania cykli obróbkowych dla przygotowanych trzech stanowisk badawczych. Pomimo, iż stanowiska badawcze zostały odpowiednio ukazane i scharakteryzowane w pracy.
3. W rozprawie przedstawiono modele matematyczne wpływu wielkości ciśnienia nacisku osełki do powierzchni na przyrost temperatury w układzie OUPN i na wybrane parametry profilu chropowatości. Jakie inne modele matematyczne byłyby przydatne do analizy wydajności obróbki przy założonym zakresie rozprawy ?
4. Jak jest uzasadnienie odnośnie decydujących kryteriów wyboru zakresu badań wpływu parametrów kinematycznych gładzenia na chropowatość powierzchni dla wybranego planu badań doświadczalnych ?

4. Ocena poziomu naukowego rozprawy

Pod względem poziomu naukowego, pracę mgr inż. Piotra G. SENDERA oceniam bardzo wysoko, przede wszystkim ze względu na oryginalne osiągnięcia w zakresie badań doświadczalnych gładzenia przeprowadzanych ze zmienną kinematyką oraz analiz zagadnień przyrostu temperatury i odchyłki kształtu obrabianych otworów w zależności od zmienności parametrów obróbkowych.

W ramach pracy zweryfikowano wpływ parametrów obróbki na przebieg procesu gładzenia i stwierdzono, że metodą umożliwiającą uzyskanie zarówno dobrej jakości powierzchni jak i niższej o 35,2% temperatury przedmiotu gładzonego oraz mniejszej o 12,77% odchyłki walcowości stanowi gładzenie ze zmienną kinematyką.

Z badań doświadczalnych wynika, że zmienny posuw głowicy gładzącej wpływa korzystnie na zmniejszenie odchyłki walcowości oraz umożliwia zmniejszenie wartości parametrów profilu chropowatości gładzonej powierzchni. Ponadto przyrost temperatury gładzonego przedmiotu w największym stopniu zależy od wartości ciśnienia roboczego nacisku osełki ścierniej do obrabianej powierzchni gładzonego otworu. Pod względem wydajności gładzenia, wykazano największą istotność wielkości ciśnienia nacisku osełki do powierzchni obrabianego otworu. Ponadto większa wartość nacisku osełki do powierzchni gładzonej powoduje większą odchyłkę walcowości. Z badań wynika również, że podczas gładzenia przedmiotów cienkościennych, z różną grubością ścianek, wydajność obróbki dla przekrojów o różnych grubościach jest różna.

Osiągnięcia naukowe obejmują również wniosek badawczy, iż niższa wartość sumy promieni krzywizny trajektorii ziarna ściernego, dla gładzenia przeprowadzanego ze zmienną kinematyką, wpływa na obniżenie temperatury, na zmniejszenie odchyłki walcowości oraz na poprawę parametrów profilu chropowatości przedmiotu gładzonego. Znajomość wpływu krzywizny ścieżki ziarna ściernego na proces obróbki

może przyczynić się do powstania nowych metod gładzenia otworów cylindrycznych, szczególnie dla przedmiotów cienkościennych o różnych grubościach przekroju gładzonego otworu.

W pracy zaproponowano wizję, na drodze dalszych badań, wprowadzenia do programów sterujących pracą nowoczesnych honownic CNC możliwości programowania kształtu trajektorii ziarna ściernego za pomocą funkcji matematycznej, opisującej ruch głowicy gładzącej. Autor podkreślił we wnioskach, istotną konkluzję z badań, iż sterowanie trajektorią ziarna ściernego, umożliwiające generowanie na gładzonej powierzchni kształtów ścieżek o różnych krzywiznach, umożliwia zmniejszenie przyrostu temperatury, wielkości odchyłki walcowości oraz wyrównanie wydajności usuwania nadmiaru materiału w przekrojach o różnej grubości, na całej długości gładzonego otworu. Wdrożenie do honownic CNC narzędzi kontrolujących temperaturę przedmiotów gładzonych może umożliwić istotny wzrost wydajności obróbki seryjnej.

Wymienione powyżej najważniejsze osiągnięcia świadczą o dociekliwości naukowej i badawczej Autora oraz o szerokim zakresie prowadzonych prac badawczych określonych przez hipotezę i cele pracy. Należy podkreślić, że opiniowana rozprawa doktorska jest obszerna i komplementarna, a zrealizowane prace badawcze, przeprowadzone analizy i otrzymane wyniki znacząco wykraczają poza zakres tych ściśle dążących do osiągnięcia obranych kilku celów badawczych.

5. Ocena poziomu redakcyjnego rozprawy

Rozprawa została napisana poprawnym językiem technicznym i prawidłowo zredagowana. W niektórych jej fragmentach występują drobne i nieliczne literówki, które zaznaczyłem bezpośrednio w pracy. Zapewne wynikają one z pośpiechu w pracach nad ukończeniem niektórych części rozprawy. Drobne uwagi dotyczące strony edytorskiej pracy są następujące:

Lp.	Strona:	Linijka:	Jest:	Powinno być:
1	71	24	przedimotu	przedmiotu
2	95	11	umożliwiających <u>na</u> przeliczenie	umożliwiających przeliczenie
3	118	2	samodziel <u>m</u> nie	samodzielnie
4	126	2	poszczegó <u>l</u> e	poszczególne
5	127	4	Poszczegó <u>l</u> e	Poszczególne
6	132	1	obraz zarejestrowane	obrazy zarejestrowane
7	137	14	umożliwia <u>na</u> przeprowadzenie	umożliwia przeprowadzenie
8	203	29	umożliwia <u>na</u> zmniejszenie	umożliwia zmniejszenie

W rozprawie występują również inne nieistotne uchybienia, które stanowią:

- brak odnośnika do „Wykazu literatury” w spisie treści pracy (str.12);
- mała czytelność sześciu widoków i oznaczeń na rys. 3 (str.17);
- mała czytelność widoków i oznaczeń na rys. 5 (str.19);
- zbyt małe widoki obrazów struktury w tab. 2 (str.20);
- sporadycznie występujące pominięcia formatowania oznaczeń wybranym stylem kursywy, np. „ t_1 do t_6 ” (str.16, linijka nr 3), „ R_k , R_{vk} , R_z ” (str.52, linijka nr 13).

Należy jednak podkreślić, że Autor ustrzegł się bardzo wielu powszechnie popełnianych błędów redakcyjnych, a wykazane uchybienia są nieliczne w odniesieniu do objętości rozprawy. W rezultacie nie wpływają one na czytelność przekazywanych treści, a tym samym na poziom merytoryczny rozprawy i nie pomniejszają jej wartości.

6. Wniosek końcowy

W świetle dokonanej analizy i sformułowanych ocen rozprawy doktorskiej mgr inż. Piotra G. SENDERA z Politechniki Gdańskiej nt.: ANALIZY GŁADZENIA OTWORÓW WALCOWYCH PRZY ZMIENNYCH WARUNKACH KINEMATYCZNYCH, której promotorem jest prof. dr hab. inż. Adam Barylski, mogę stwierdzić, iż Autor:

- wybrał tematykę rozprawy, ważną dla rozwoju nowych metod obróbki;
- przeprowadził badania doświadczalne gładzenia otworów walcowych ze stałą i zmienną kinematyką na trzech stanowiskach badawczych ze względu na dotychczasowe ograniczenia tego typu obrabiarek - rozwiązał wiele pracochłonnych zadań i ważnych problemów badawczych, a opracowane analizy i otrzymane wyniki są szerokie i na wysokim poziomie;
- zweryfikował wpływ zmiennej kinematyki gładzenia na parametry profilu chropowatości powierzchni obrabianej oraz na odchyłkę walcowości gładzonego otworu;
- zbadał wpływ wartości promienia krzywizny ścieżki ziarna ściernego na przyrost temperatury gładzonego otworu i odchyłkę jego kształtu, dla gładzenia ze zmienną kinematyką;
- przyjął szeroki i spójny zakres zagadnień rozpatrywanych w rozprawie;
- wykazał się umiejętnościami w zakresie planowania badań doświadczalnych i symulacyjnych oraz obiektywnością naukową w ocenie uzyskanych wyników;

- uzyskał wyniki, które mogą być wykorzystane w innych pracach badawczych i rozwojowych;
- w prawidłowy i metodyczny sposób przeprowadził proces dowodzenia hipotezy rozprawy doktorskiej;
- stworzył podstawy do dalszych badań i zastosowań.

Przedstawiona rozprawa doktorska należy do ważnego obszaru badawczego, związanego z gładzeniem oraz nowymi metodami obróbki wpływającymi na redukcję współczynnika tarcia i zużycia się współpracujących części maszyn. Godna podziwu jest pracowitość Autora, który wykonał wartościową pracę doświadczalną i symulacyjną oraz wykazał się dogłębną znajomością warsztatu naukowego.

Pracę oceniam jako bardzo przydatną dla celów praktycznych. Według mnie jest to szczególnie ważne w obecnych czasach, kiedy wymaga się konkretnych rozwiązań w zakresie podnoszenia jakości wyrobów i poprawy ich właściwości eksploatacyjnych. Autor w sposób jasny i jednoznaczny wykazał czego dokonał w trakcie realizacji zadań badawczych i doświadczalnych, potrafił wyciągnąć z nich poprawne i logiczne wnioski sformułowane w oparciu o odpowiednią podbudowę teoretyczną. Mgr inż. Piotr G. SENDER opanował na wymaganym poziomie współczesne metody organizacji badań i właściwe dla nich narzędzia.

Opiniowana rozprawa doktorska, mieszcząca się w dyscyplinie inżynieria mechaniczna, posiada oryginalne cechy nowości. Koncepcję rozwiązania problemów naukowych oceniam bardzo wysoko. Zakres zagadnień ujętych w rozprawie jest komplementarny, a uzyskane wyniki mają dużą wartość naukową i użyteczną.

Na podstawie przedstawionej analizy stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Piotra G. SENDERA w bardzo dobrym stopniu spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim. Wnoszę o jej przyjęcie i dopuszczenie jej Autora do publicznej obrony.



.....
/ Maciej Majewski /