

---

dr hab. inż. Bartosz GAPIŃSKI, prof. PP  
Zakład Metrologii i Systemów Pomiarowych  
Instytut Technologii Mechanicznej  
Wydział Inżynierii Mechanicznej  
Politechnika Poznańska  
ul. Piotrowo 3  
61-138 Poznań  
e-mail: bartosz.gapinski@put.poznan.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. inż. Tomasza ORDONA pt.  
***KSZTAŁTOWANIE TECHNOLOGICZNEJ WARSTWY  
WIERZCHNIEJ W PROCESIE SZLIFOWANIA WGLĘBNEGO  
POWIERZCHNI WALCOWYCH WYROBÓW ZE STALI  
EI961 I AMS6308 PO OBRÓBCE CIEPLNO-CHEMICZNEJ***

Promotor: dr hab. inż. Witold HABRAT, prof. PRz

Promotor pomocniczy: dr inż. Marcin SAŁATA

**Podstawa opracowania recenzji:**

Decyzja Rady Dyscypliny Inżynierii Mechaniczna Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza z dnia 26.11.2025 – pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny nr RM-530-08-03/2025 z dnia 26.11.2025. Dokumentację otrzymano pocztą 18.12.2025.

**1. Wprowadzenie**

Powstawanie nowych rozwiązań technicznych jest nieuniknione i bezpośrednio związane z rozwojem świata. Jest to synergia wzajemnych potrzeb – z jednej strony zapotrzebowanie klientów na wyroby coraz lepiej spełniające różne oczekiwania, a z drugiej strony powstające dzięki szeroko rozumianym badaniom rozwiązania umożliwiające przesuwanie dotychczasowych ograniczeń. Zjawisko to dotyczy zarówno przełomowych odkryć, jak i drobnych ulepszeń, czy usprawnień m.in. w zakresie poprawy procesów technologicznych.

Działanie takie są szczególnie istotne w obszarach, w których wytworzone są elementy urządzeń o bardzo wysokich wymogach eksploatacyjnych. Przykładem są statki powietrzne, których eksploatacja jest nierozdzielnie związana z bezpieczeństwem transportowanych osób oraz towarów. Dotyczy to także osób i ich majątku pozostających na ziemi, czy szczególnie istotne w dzisiejszym czasie zastosowania z obszaru „dual-use”.

Jednym z najistotniejszych elementów samolotu jest silnik zapewniający możliwość poruszania się statku powietrznego. Ciężące odium odpowiedzialności powoduje, że wytwarzanie części silników lotniczych wymaga najwyższych reżimów technologicznych. Jednocześnie w świecie poszukującym oszczędności związanych ze sferą materialną, jak i ekologiczną – zielony transport – poszukuje się stosownych rozwiązań. Wymagania te oraz warunki eksploatacji silników lotniczych wymuszają często stosowanie materiałów, które zalicza się do grupy stopów trudnoskrawalnych. Nakładając na to wymagania dotyczące jakości powierzchni konieczne staje się zatem poszukiwanie nowych metod wytwarzania i obróbki lub dogłębna analiza obecnych procesów produkcyjnych.

Przykładem takiej działalności jest oceniana praca doktorska Pana mgr. inż. Tomasza ORDONA, w której podjął się on zadania weryfikacji wpływu parametrów szlifowania wybranych materiałów na jakość uzyskiwanych wyników wraz z analizą przypadków występowania wad. Z tych powodów należy uznać, że podjęty temat rozprawy jest jak najbardziej aktualny i spełnia wymagania nowości w tym zakresie. Również doświadczenie i wsparcie zespołów Politechniki Rzeszowskiej oraz Pratt&Whitney Rzeszów, jak i szeroka wiedza Promotora, prof. Witolda Habrata przyczyniły się do pozytywnego odbioru pracy i możliwości jej realizacji oraz wdrożenia.

Reasumując oceniana rozprawa doktorska wpisuje się w najnowsze trendy zarówno jeżeli chodzi o obszar procesów technologicznych, jak i metrologicznej oceny wyrobów. Biorąc pod uwagę te obszary należy stwierdzić, że podjęcie tematu było działaniem słusznym, a co równie ważne uzyskane efekty mają bezpośrednie zastosowanie aplikacyjne, co jest szczególnie ważne w przypadku prac doktorskich realizowanych w ramach programu Doktorat wdrożeniowy.

## 2. Układ i obszar merytoryczny rozprawy

Recenzowana praca zawiera 170 stron i składa się z 9 rozdziałów. Poprzedzają je nienumerowane: *Spis treści*, *Streszczenie* (po polsku i angielsku), *Wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów* oraz *Wprowadzenie*. Właściwa część rozprawy zawiera następujące elementy:

Rozdział 1 – *Analiza stanu wiedzy* – zawiera 37 stron, na których Autor zawarł przegląd stanu wiedzy w obszarze stali konstrukcyjnych do pracy w podwyższonych temperaturach stosowanych w lotnictwie, scharakteryzował stosowane w tym obszarze procesy obróbki cieplno-chemicznej, a także omówił kształtowanie technologicznej warstwy wierzchniej w procesach obróbki ubytkowej. Przeanalizował również proces szlifowania wgłębnego powierzchni walcowych, a całość zwięźcił wnioskami.

Rozdział 2 – *Cel i zakres pracy* – w tym 3 stronicowym rozdziale zawarto cel pracy oraz hipotezę naukową, a także umówiono zakres rozprawy doktorskiej.

Rozdział 3 – *Warunki i metodyka badań doświadczalnych* – zawiera 36 stronach, na których Pan mgr inż. Tomasz ORDON scharakteryzował obiekt badań doświadczalnych, materiały obrabiane oraz materiały na narzędzia ściernie, a także przedstawił parametry procesu. W ostatniej części omówił plan badań i stanowisko badawcze.

Rozdział 4 – *Analiza i modelowanie oddziaływań mechanicznych na kształtowanie warstwy wierzchniej* – Doktorant przedstawił wyniki i dokonał ich analizy w zakresie obróbki stali EI961, jak i AMS6308. Autor zawarł również wnioski wynikające z analizy oddziaływań mechanicznych dla różnych ściernic.

Rozdział 5 – *Badania w zakresie kształtowania stanu warstwy wierzchniej* – obejmuje 27 stronicową prezentację związaną z kształtowaniem topografii powierzchni stali EI961 oraz AMS6308, a także analizę mikrostruktury warstwy wierzchniej i ocenę skali zjawiska przypaleń szlifierskich podczas obróbki stali AMS6308 po nawęglaniu.

Rozdział 6 – *Badania wpływu zużycia ściernic na mechanikę szlifowania i stan technologicznej warstwy wierzchniej* – na 22 stronach omówiono zmiany w zakresie wartości składowych sił szlifowania, możliwości kształtowanie parametrów chropowatości i topografii powierzchni oraz dynamiki zużycia ściernic i zmian morfologii mikrostruktury warstwy wierzchniej.

Rozdział 7 – *Podsumowanie i wnioski* – zgodnie z tytułem rozdziału Autor zawarł najistotniejsze wnioski oraz dokonał podsumowania przeprowadzonych prac.

Rozdział 8 – *Wdrożenie wyników badań* – w tej części dysertacji Pan mgr inż. Tomasz ORDON opisał możliwości wdrożenia wyników badań w praktykę przemysłową w zakładzie Pratt&Whitney Rzeszów SA.

Rozdział 9 – *Bibliografia* – obejmuje 72 pozycje, bez prac autorskich lub współautorskich doktoranta.

### 3. Ocena rozprawy doktorskiej

Oceniana dysertacja jest interesującym opracowaniem zawierającym szereg informacji na temat procesów szlifowania oraz ściernic, a także materiałów stosowanych w silnikach lotniczych. Autor przeprowadził analizę procesu szlifowania dwóch typów stali – po nawęglaniu oraz azotowaniu w oparciu o wymagania dotyczące jakości finalnej wyrobów. Wziął pod uwagę materiały obrabiane, ściernice, parametry procesu szlifowania, parametry kondycjonowania ściernicy oraz proces zużywania się narzędzi. Zweryfikował również zjawiska związane z kształtowaniem stanu warstwy wierzchniej pod wpływem różnych czynników.

Warto podkreślić, iż wyniki pracy Pana mgr. inż. Tomasza ORDONA, oprócz bezpośredniego wdrożenia, mogą znaleźć zastosowanie zarówno w dalszych pracach badawczo-rozwojowych na rzecz Pratt & Whitney, jak i być cenną wskazówką dla innych ośrodków zajmujących się poszukiwaniem najkorzystniejszych parametrów szlifowania zapewniających uzyskanie wyrobu o oczekiwanych właściwościach. Treść ocenianej dysertacji pozwala pozytywnie ocenić wiedzę i doświadczenie Autora utwierdzając czytającego w przekonaniu, że posiada On odpowiednie kompetencje do realizacji podjętego tematu. Również ośrodek naukowy, w którym prowadzone były prace jakim jest Politechnika Rzeszowska oraz firma Pratt & Whitney w Rzeszowie, od wielu lat zajmują się tematyką precyzyjnej obróbki ścierniej. To wszystko pozwoliło Doktorantowi na sformułowanie końcowego wniosku o słuszności przyjętych założeń, poprawności zrealizowanych prac oraz utylitarnym charakterze uzyskanych rezultatów, czego finalnie dowodzi wdrożenie w przedsiębiorstwie zatrudniającym Doktoranta.

W przedstawionej do oceny dysertacji Doktorant zawarł w odpowiednio zwięzły sposób poszczególne zagadnienia – rozpoczynając od analizy stanu wiedzy, następnie przedstawił cel i warunki prowadzonych badań oraz wyniki wraz z ich analizą i wnioskami. Wszystkie te aspekty niewątpliwie potwierdzają możliwości i umiejętności Autora do prowadzenia badań naukowych, analizy wyników i poprawnego wnioskowania. Jednak pomimo ogólnego pozytywnego odbioru rozprawy wskazać można

pewne fragmenty i sformułowania, które prezentuję bardziej szczegółowo w postaci uwag krytycznych i polemicznych:

- Str. 9 – Autor pisze, że „*stan technologiczny warstwy wierzchniej rozumiany jest jako struktura mikrogeometryczna powierzchni, parametry chropowatości 2D i 3D, przebieg sił szlifowania oraz morfologia mikrostruktury*” – należy pamiętać, że poszczególne parametry służą do opisu jakościowego i ilościowego, a nie same jako takie tworzą warstwę wierzchnią.
- Str. 9 – Autor pisze, że *w pierwszej części pracy doktorskiej przeanalizował stan wiedzy oraz problemy produkcyjne występujące w przedsiębiorstwie ...* – uważam, że praca doktorska powinna mieć szerszy charakter, niż analizę przypadku tylko jednego przedsiębiorstwa i w przeglądzie stanu wiedzy cenne byłoby przeanalizowanie szerszego spektrum przypadków.
- Str. 11 – zawiera *Wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów* – można mieć do tego wykazu kilka uwag: *a<sub>ed</sub>* – *dosuw obciążacza przy diamentowaniu* – dalej w pracy autor używa jedynie określenia kondycjonowanie lub obciążanie ściernicy; *n<sub>s</sub>* – *obroty ściernicy* – raczej prędkość obrotowa ściernicy; podobnie *n<sub>n</sub>*; *CF1* – nie opisano *CF2* i *CF3*; *CVD* – słowo chemiczne powinno być z małej litery; brak polskich tłumaczeń dla ostatnich 7 z 8 skrótów.
- Str. 12 – Doktorant pisze, że *po nałożeniu powłok w wysokich temperaturach powstają odkształcenia i wymagana jest nieznaczna korekta geometryczna* – czy korekty geometryczne nie niszczą w stopniu nadmiernym nałożonych powłok?
- Str. 13 – Autor pisze, że *próbki zostały poddane procesowi szlifowania średnic* – szlifować można np. powierzchnię walcową w celu uzyskania odpowiedniej wartości wymiaru, jakim może być średnica.
- Str. 13 – Autor pisze, że *W ramach oceny jakości warstwy wierzchniej poddano również analizie występowanie wad i charakterystyk na powierzchniach...* – zamiast określenia charakterystyki bardziej właściwym byłoby podanie parametrów charakterystycznych, kluczowych itp.
- Str. 14 – Autor pisze, że *...obecnie w konstruowaniu elementów nośnych stal została wyparta przez takie metale jak tytan oraz aluminium*. Powinniśmy raczej powiedzieć przez *stopy tytanu* oraz *stopy aluminium*.
- Str. 15 / pkt. 1.1.1 – Doktorant opisuje 2 gatunki stali zastosowane w badaniach omawianych w niniejszej dysertacji. Brakuje jednak wskazania „wprost”, dlaczego wybrano te dwa typy materiału.
- Str. 15 – Autor pisząc o stali EI961 wspomina o „*osobliwym charakterze tego materiału*”. Lepiej byłoby napisać o *specyfice materiału*, lub *cechach charakterystycznych*. Ponadto pojawia się pytanie, czy materiał ten wytwarzany jest tylko w Rosji i czy nadal użytkowany / dostarczany do Pratt&Whitney Rzeszów.
- Str. 17 – Autor pisze, o potrzebie *...uzyskiwania jak najwyższych własności użytkowych...* Powinno się mówić o właściwościach materiałów, zamiast własnościach.
- Str. 18 – Autor pisze, o nowej generacji silników serii PW1000G, co jest trochę zastanawiające, gdyż w zależności od modelu silniki to są znane już nawet 2007 r. czyli prawie 20 lat. Prawdą jednak jest są ciągle rozwijane. W opisie brakuje również polskiego odpowiednika skrótów FDGS i GTF.
- Str. 19 – Doktorant opisując budowę przekładni planetarnej używa prawdopodobnie branżowych określeń, natomiast elementy przekładni to: koło słoneczne, koła planetarne zwane satelitami, koło koronowe i nośnik satelity, czyli jarzmo.
- Str. 19 – Autor pisząc o rozwiązaniach przekładni FDGS piszę, że została tak skonstruowana, aby minimalizować poziom wibracji i hałasu. Szkoda, że nie opisano jak udało się to uzyskać.
- Str. 19 – Autor pisząc o zastosowaniu silników serii PW1000G wspomina o samolotach Irkuck MC-21. Są to jednak samoloty Irkut MC-21, choć wytwarzane w Irkucku. Pytanie, czy nadal w dobie dzisiejszej sytuacji geopolitycznej współpraca jest kontynuowana.

- Str. 19 – Autor wspomina o badaniach zaprezentowany w pracach [10] i [11]. Nie jest jednak pewne, czy wspomniane parametry obróbki stali AMS6308 są stosowane w badaniach do niniejszej dysertacji.
- Str. 20 – Doktorant pisze, że „...zabiegi obróbki cieplno-chemicznej prowadzą do modyfikacji warstwy wierzchniej poprzez zmiany ich składu chemicznego oraz morfologii składników fazowych”. Co Autor ma na myśli używając określenia „morfologia składników fazowych”?
- Str. 24 – Doktorant pisząc o procesie azotowania podaje, że temperatura występujące w czasie procesu powoduje zmiany geometrii wyrobów. Czy w związku z tym należy założyć konieczność ponownej obróbki i czy proces ten nie ma negatywnego wpływu na finalną grubość warstwy azotowanej?
- Str. 24 – Autor pisze o obróbce kół zębatach i procesie podzerowym. Czy opis ten odnosi się również do tematu pracy – tj. powierzchni walcowych i czy stosowana jest w nim obróbka podzerowa?
- Str. 24 – Autor pisze o procesach nawęglania i azotowania stwierdzając, że stanowią one podstawę technologii stosowanych w przemyśle lotniczym. Raczej są to procesy technologiczne.
- Str. 29 / rys. 1.7 – przedstawiony podział procesów produkcyjnych zawiera pewne nieścisłości. Czy w tytule zamiast *wpływu na pracę części* nie powinno być np. *właściwości eksploatacyjne, mechaniczne* itp.? W kolumnie obróbka skrawaniem zastanawiające jest wyselekcjonowanie dodatkowych podkładek do narzędzia, zamiast zmiana metodologii powinno być metodyki (metodologia to nauka o metodach), zmiana ilości części... powinna być zmiana liczby po jednak są one policzalne, czy „zmiana typu maszyny” jest poprawnym określeniem – chodzi np. o inny typ tokarki, czy zastąpienie tokarki szlifierką? W kolumnie *Spawanie* brakuje *metod spawania*, chyba, że to Autor miał je na myśli jako „zmianę typu oraz modelu spawarki”? W kolumnie *Lutowanie* dwa razy występuje „zmiana cyklu chłodzenia”. Ponadto, co Autor miał na myśli jako „zmiana lutowania”? W kolumnie *Pokrycia* znajdujemy trzy informacje nt. piaskowania – czy są one umieszczone we właściwym miejscu?
- Str. 32 – Autor omawia zagadnienia topografii powierzchni. Można było ten fragment wydzielić jako podrozdział. Warto również wprowadzić w pracy pewien porządek nomenklatury – dla pomiarów / parametrów 2D mówimy zwyczajowo o chropowatości, a dla pomiarów 3D o topografii powierzchni. Ma to również odzwierciedlenie w symbolach parametrów – te dla 2D mają literę R od *roughness*, a 3D S od *surface*.
- Str. 33 – mówiąc o parametrach chropowatości Doktorant ogranicza się praktycznie do Ra i Rz. Często są to jedyne parametry stosowane w praktyce przemysłowej, jednak w rozprawie doktorskiej wskazane byłoby użycie jeszcze innych parametrów adekwatnych do wymagań stawianych elementom.
- Str. 34 – Autor pisze o odcinkach pomiarowych, ale do tego opisu wskazane byłoby wspomnienie raczej o odcinkach elementarnych.
- Str. 35 – pisząc o metodach stereometrycznych Doktorant wymienia technologię „*Alicona Infinite Focus*”. Nie ma takiej technologii. To jest model urządzenia pomiarowego, a technika lub też metoda pomiarowa nazywa się metodą różnicowania ogniskowego (z angielskiego *Focus variation*).
- Str. 40 – Autor pisze, że „*Optymalizacja parametrów szlifowania może poprawić jakość i efektywność szlifowania.*” Można zadać pytanie, co innego mogłaby poprawić?
- Str. 41 – Doktorant pisze, że *zastosował dwie prędkości skrawania 35 i 45 m/s*. Wskazane byłoby wyjaśnienie, dlaczego zastosowano te wartości i jaki wpływ miałyby np. prędkość 25 lub 55 m/s. Dalej na tej samej stronie znajdujemy informację, że ściernice Norton Quantum pozwalają na działanie nawet przy wysokich prędkościach i długich cyklach szlifowanie do 60 przejazdów. Informacja jest mało precyzyjna, gdyż brakuje informacji nt. wymiarów – długości i średnicy obrabianego wału mających bezpośredni wpływ na czas obróbki.



- Str. 44 – Autor pisze o kondycjonowaniu ściernic i wspomina obciążacze stojące i rotujące. Brakuje w mojej ocenie zdjęcia lub schematu jak takie narzędzia wyglądają / pracują – byłoby to pomocne dla osób nie zaznajomionych głębiej z procesem szlifowania.
- Str. 44 / rys. 1.24 – Autor pisze, że rysunek przedstawia profil ściernicy po odciąganiu. Jednak przedstawione nierówności sprawiają wrażenie, że wygląda on jakby był przed kondycjonowaniem. Ponadto opis rysunku powinien być po polsku. Najkorzystniej byłoby przedstawić obraz / zarys przed i po obciążaniu.
- Str. 44 – Autor pisze: „*Można wywnioskować, że proces obciążania nie tylko nadaje ściernicy odpowiedni kształt geometryczny, lecz także kształtuje jej mikro- i makrogeometrię...*”. Jest to informacja dość oczywista, zatem trudno mówić o wnioskowaniu, a raczej stwierdzeniu faktu.
- Str. 47 – Doktorant pisze: „*Proces szlifowania węgelnego cechuje się niestacjonarnością, z uwagi na zmienność czynnej powierzchni ściernicy w trakcie eksploatacji*”. Powinniśmy raczej mówić o niestałości, braku stałości, zmienności lub losowości.
- Str. 48 – Doktorant pisząc o zaletach ściernic Norton Quantum wspomina, że *charakteryzują się one większą stabilnością, co świadczy o bardziej równomiernym przebiegu procesu*. Warto byłoby doprecyzować, jakie parametry wyrażające stabilność Autor ma na myśli, a ponad to raczej równomierny przebieg procesu świadczy o jakości narzędzia, a nie odwrotnie.
- Str. 48 – Autor pisze, że „*Występowanie przypaleń szlifierskich w technologicznej warstwie wierzchniej zębów kół zębatych istotnie zależy od parametrów...*” – czy tylko kół zębatych i na ile mają te wady związek z analizowanym w dysertacji powierzchniami walcowymi?
- Str. 51 – Autor podając cel pracy pisze o „*...badaniach i modelowaniu wpływu procesu szlifowania węgelnego powierzchni walcowych...*”. Jednocześnie pisze o wdrożeniu w Pratt&Whitney Rzeszów procesu obróbki cieplno-chemicznej LPC kół zębatych. Trudno znaleźć związek łączący te dwie informacje.
- Str. 60 / rys. 3.7 – szkoda, że nie pokazano dla porównania próbki z widocznymi wadami.
- Str. 65 – Autor podaje, że wartości bicia promieniowego nie przekraczały 0,01 mm, a bicia osiowego 0,005 mm. Czy są to wartości graniczne wynikające z jakichś zaleceń oraz czy wszystkie ściernice spełniały te parametry.
- Str. 65 / rozdz. 3.4.1 – pisząc o parametrach kondycjonowania ściernicy Doktorant informuje, że w tym procesie nie przekraczano parametrów zalecanych przez producenta. Nie podaje jednak wartości tych parametrów.
- Str. 67 – Doktorant podaje, że podczas obciążania ściernicy posuw był zmienny w zakresie 0,06- 0,25 mm/obr. Warto by wspomnieć dlaczego dobrano takie parametry i jaki wpływ miałyby ich przekroczenie.
- Str. 73 – Autor pisze że „*Podstawą do opracowania planu badań było założenie wdrożenia wyników analiz do procesu technologicznego wykonania cech konstrukcyjnych elementów...*”. W praktyce wykonujemy elementy o określonych parametrach, co pozwala na uzyskanie / spełnienie wymogów konstrukcyjnych opisanych wskazanymi cechami.
- Str. 76 / tab. 3.6 – analizując dane w tabeli zastanawia dlaczego dla poszczególnych prędkości posuwu wybierano różne wartości prędkości szlifowania – np. 25 i 35 lub 25; 30 i 35. Podobna uwaga dotyczy tab. 3.7 oraz 3.8. Ponadto – dlaczego w tab. 3.7 są takie same parametry dla pozycji 8 i 9.
- Str. 88/89 – Doktorant podaje, że „*...ściernicę badano trzykrotnie co około 120°*”. Pytanie, jak zostało zweryfikowane położenie kątowe ściernicy?

- Str. 88 / rys. 3.25 – przedstawiono powierzchnie kół zębatach z przypaleniami na powierzchni. Jaki ma związek to koło zębate z powierzchniami badanymi w dysertacji?
- Str. 89 – Autor prezentuje stanowisko badawcze umożliwiające ocenę zmian geometrii ściernicy i jej zużycia w trakcie procesu. Brakuje wyjaśnienia jak prowadzono te badania i czy uwzględniano również bicie ściernicy.
- Str. 90 – Doktorant pisze, że „...w badaniach uwzględniono obydwa materiały obrabiane różniące się obróbką cieplno-chemiczną, która decyduje o ich różnych właściwościach”. To nie do końca prawda, gdyż co najmniej takie samo znaczenie dla właściwości ma rodzaj materiału, a ten jest odmienny dla obu typów próbek.
- Str. 90 / tab. 4.1 – dane w wierszach 8 i 9 mają te same parametry wyjściowe i znacząco różniące się wartości wynikowe. Z czego wynika taka różnica?
- Str. 92 / tab. 4.2 i 4.4 – zastanawiające jest dlaczego zawarte w tabeli modele określające wpływ parametrów procesowych tylko dla średnic S4 zawierają wyrażenia związane z wartością  $f_{ad}$ . To samo dotyczy tabel 4.8; 4.10; 5.4; 5.6; 5.11 i 5.13.
- Str. 108 – Autor wytypował 6 powierzchni do badania topografii. Czy nie jest to zbyt mała liczba, by szeroko wnioskować o wpływie procesu szlifowania?
- Rozdz. 5.1.1 – Doktorant bada wpływ posuwu obciągania, ale przyjął tylko dwie jego wartości. Ponadto, Autor wspomina, że zastosowanie mniejszej z dwóch badanych wartości posuwu skutkowało jej lepszym przygotowaniem. Pytanie zatem czy celowe mogłoby być zastosowanie jeszcze mniejszej wartości posuwu obciągania?
- Str. 116 – Autor pisze że „...analiza parametrów chropowatości wykazała wpływ ziarna ściernicy...”. Nie podaje jednak, czy ma na myśli rodzaj ziarna, twardość, wielkość ziaren?
- Str. 116 – Autor pisze że „...wzrost posuwu szlifowania nie prowadzi do jednoznacznych wniosków, choć zawsze najmniejszą chropowatość uzyskiwano dla minimalnego posuwu szlifowania 0,15 mm/min.” Nasuwa się zatem pytanie, jaki efekt przyniosłoby dalsze redukcje posuwu?
- Str. 117 – Doktorant pisze że „...konieczna byłaby szerszą analizę uwzględniającą więcej parametrów chropowatości, w tym również parametrów 3D”. Dlaczego zatem Autor takiej analizy nie wykonał i jakie parametry by zaproponował?
- Str. 117 – Doktorant podaje, że wytypowano cztery powierzchnie do badania topografii. Czy to nie jest zbyt skromna grupa próbek?
- Str. 123 – parametry Ra i Rz są ze sobą powiązane zatem oczywiste jest, iż ich zmienność jest wzajemnie zależna.
- Str. 124 – Autor ponownie pisze, że przy najmniejszym posuwie uzyskiwane były najmniejsze wartości parametru Ra. Zatem czy celowe byłoby dalsze redukcje posuwu?
- Str. 126-127 / rys. 5.11-5.13 – Doktorant prezentuje zglądy próbek. Pytanie ile zglądów analizowano i czy nie ma ryzyka losowości we wnioskowaniu, jeśli było ich zbyt mało? Podobne pytanie można zadać dla danych prezentowanych na rys. 5.14-5.16.
- Str. 132 – Autor pisze, iż „Analizując mikrostruktury przedstawione na rysunkach 5.14-5.16 stwierdzono brak defektów warstwy wierzchniej, które mogłyby świadczyć o niewłaściwie przeprowadzonym procesie szlifowania”. Bardziej celowe byłoby stwierdzenie o właściwości procesu obróbki cieplnej i szlifowania ponieważ wynik jakości powierzchni jest wypadkową tych dwóch procesów.
- Str. 133 – Doktorant opisując kwestię przypalenia wyjaśnia że powstało ono na etapie przygotowania próbek. Zatem jeśli tak się stało to czy w ogóle należało rozważyć kwestię tego przypalenia?



- Str. 135 – Doktorant podaje, że do dalszych badań wytypował ściernice S1 i S6. Dlaczego dokonał takiego wyboru?
- Str. 141 / rys. 6.5 – wskazana byłaby zmiana zakresu w osi rzędnych np. w przedziale Ra 0,25-0,45  $\mu\text{m}$ . Opisując rysunek Autor stwierdza, iż „*Wydłużenie czasu szlifowania prowadzi do wzrostu parametrów chropowatości...*”. Analizując dane przedstawione na wykresie nie do końca można zgodzić się takim wnioskiem.
- Str. 145 – Doktorant podsumowując pisze, że „...*obie ściernice zapewniają kierunkową strukturę powierzchni o porównywalnym charakterze...*”. Pytanie, czy nie jest to oczywiste dla takiej konfiguracji procesu szlifowania?
- Str. 152 – Doktorant pisze: „*Ściernica S1 początkowo zużywa się wolniej, lecz po dłuższym czasie obróbki następuje intensyfikacja zużycia, co może wskazywać na wyczerpanie mechanizmu samoostrzenia.*” Czy Autor rozważał znaczenia temperatury w analizowanym procesie?
- Str. 160 – Doktorant wspomina, że „...*warto kontynuować badanie tribologiczne...*” natomiast w pracy nie przedstawia wyników w tym zakresie, może oprócz analizy geometrycznej zużycia ściernicy.
- Str. 161 – Autor podaje, iż „*Szacowany wzrost efektywności procesu, wynikający z wdrożenia rezultatów badań, obejmuje skrócenie czasu przygotowania produkcji o około 15-20%...*”. W pracy nie analizowano wprost aspektu skrócenia TPZ, podano jedynie informacje związane z potencjalną predykcją doboru parametrów szlifowania pozwalających uzyskać powierzchnię o oczekiwanych parametrach jakościowych.
- Str. 163 – Bibliografia obejmuje 72 pozycje i brakuje prac autorskich / współautorskich Doktoranta. Liczba publikacji budzi pewien niedosyt, szczególnie w przypadku analizowanej tematyki, która ciągle jest żywa na świecie.

Podczas opracowania niniejszej rozprawy Doktorant nie ustrzegł się także pewnych błędów edycyjnych i językowych. Przytaczam dla porządku kilka przykładów:

- W pracy można znaleźć szereg literówek, brak tłumaczenia skrótów na język polski, opisy rysunków w języku angielskim, czy słabej jakości niektóre grafiki. W wielu miejscach pracy Autor używa w odniesieniu do rysunków i tabel określeń „powyżej” i „poniżej” – zdecydowanie lepiej jest podawać numer rysunku, szczególnie gdy znajdują się na sąsiedniej stronie.
- W niektórych miejscach rozprawy Autor wydzielił, chyba niepotrzebnie, bardzo krótkie podrozdziały, np.: 1.2.1, czy 1.4.4.
- Str. 9 – Autor pisze, że *wyniki badań wykazały wyraźne różnice w dynamice siły skrawania* – należało powiedzieć o wartościach / parametrów opisujących zjawiska dynamiczne w skrawaniu. Nie ma „dynamicznych sił skrawani”.
- W wielu miejscach pracy Autor używa określenia przedsiębiorstwo podając je z dużej litery. Cenny jest szacunek do własnego miejsca pracy, ale bardziej właściwe byłoby pisać z małej litery.
- Str. 13 – Doktorant używa sformułowania *projekt pracy* zamiast *plan pracy*.
- Str. 14 – Doktorant pisze, że *zdobycze techniki lotniczej aplikowane są przez inne klastry gospodarki* – powinno być przez gałęzie gospodarki.
- Str. 43 – Doktorant pisze: „*Oddziaływanie mechaniczne w procesach szlifowania istotny obszar badań nad charakterem ...*”. Brakuje fragmentu zdania pomiędzy słowami *szlifowany* i *istotny*.
- Str. 55 – Doktorant pisze, że „*Określenie A związane jest z zastosowaniem próbek azotowanych*”. Bardziej wskazane byłoby użycie „*z badaniami*” lub „*z analizą*”. Dalej pisze również o „...*rozszerzeniu planu eksperymentalnego*”. To raczej *plan eksperymentu* lub *plan badań*.

- Str. 75 i 77 – w zdaniu „*stosunek prędkości ściernicy do prędkości walca...*” brakuje stwierdzenia, że jest to prędkość obrotową.
- Str. 82 – Autor odnosi się do rys. 5-1, a powinien do rys .3.20 (1)
- Str. 90 / tab. 4.1 i dalsze – można było zastosować kolorystyczne oznaczenie wartości łatwiej byłoby obserwować wzajemne zależności. Również zastosowanie liczb o stałej liczbie miejsc po przecinku ułatwiłoby tę analizę.
- Str. 109 / rys. 5.1 – należało graficznie powiązać ze sobą wyniki odpowiadające poszczególnym parametrom posuwu osiowego obciągania – wskazałoby to jednoznacznie istotność tego parametru. Podobna uwaga dla rys. 5.7.
- Str. 110 / rys. 5.2 – Autor przedstawia obrazy topografii powierzchni, nie pokazuje jednak skali wartości. Podobna uwaga dla rys. 5.6.
- Str. 125 / tab. 5.15 – Autor pisze o „*Schemacie oraz oznaczeniach próbek...*”. Nie zauważam schematu, chyba że chodzi o schemat oznaczania.
- Str. 140 – Doktorant podaje, że od 3,2 min parametry Ra zaczynają się różnicować. a ściernica S1 wykazuje nieco wyższe wartości. To nie ściernica wykazuje zmianę wartości, a powierzchnia obrabiana z jej użyciem.
- Str. 142-148 / rys. 6.6-6.9 – brakuje wartości liczbowych dla poszczególnych symboli na kolorowej mapie odchyłek. Ponadto widok w układzie 3D powinien mieć zdecydowanie większy zakres w osi pionowej.
- Str. 144 /str. 146 – dwukrotnie występuje rys. 6.7.

Na ogólną pozytywną ocenę zasługuje strona graficzna pracy. Autor opracował szereg rysunków i wykresów, które w większości przypadków w sposób przejrzysty wprowadzają w podejmowany temat rozprawy i zwiększają percepcję uzyskanych rezultatów. Podsumowując można stwierdzić, iż wskazane drobne błędy gramatyczne i edycyjne nie wpływają negatywnie na całościowy odbiór dysertacji.

#### 4. Wnioski

Zawarte w niniejszej recenzji uwagi krytyczne i zasygnalizowane niedoskonałości mają wpływ na ogólne postrzeganie ocenianej dysertacji. Nie zmienia to jednak faktu, iż Pan mgr inż. Tomasz ORDON przedstawił koncepcję naukową, co dowodzi, że opanował podstawy metodologii i metodyki pracy badawczej, niezbędne do prowadzenia badań. Oceniana praca jest dziełem zawierającym zbiór informacji na temat szeroko pojętego procesu szlifowania i zawiera analizy związane z doborem narzędzia (ściernicy), wytycznymi dotyczącymi jej kondycjonowania oraz związkami z obrabianym materiałem i wymaganiami jakościowymi względem wyrobu. Zawiera również stosowne wyniki badań potwierdzające przeprowadzone prace, a co najważniejsze referencje pozwalające wdrożyć opracowane zależności.

Pomimo, iż proces szlifowania jest znany od setek lat jako metoda obróbki precyzyjnej, to oceniana rozprawa doktorska pokazuje, iż ciągle można opisywać w tym obszarze nowe zależności pozwalające na szeroko rozumiany wzrost efektywności procesu. Zaproponowane przez Doktoranta zależności należy traktować jako studium przypadku, które pozwoliło na ich wdrożenie w praktykę przemysłową w firmie Pratt&Whitney w Rzeszowie. Możliwe jest jednocześnie skalowanie tych rozwiązań, jako gotowe receptury



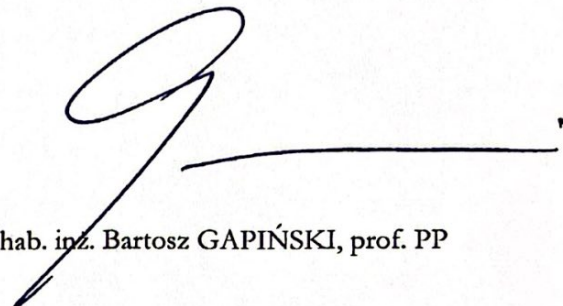
---

lub algorytm postępowania na inne podmioty, z uwzględnieniem ewentualnych praw własności intelektualnych.

Należy jeszcze raz podkreślić, iż tematyka badawcza przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej mgr. inż. Tomasza ORDONA jest żywa i aktualna. Została wybrana w sposób trafny i wpisuje się w pełni w zakres tematyczny dyscypliny Inżynieria mechaniczna. Spełnia zatem wymagania stawiane rozprawom doktorskim wnosząc w wielu elementach nowe treści poprzez osiągnięcie przyjętych celów pracy.

## 5. Podsumowanie

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Tomasza ORDONA pt. *„Kształtowanie technologicznej warstwy wierzchniej w procesie szlifowania wglębnego powierzchni walcowych wyrobów ze stali 961 i AMS6308 po obróbce cieplno-chemicznej”* spełnia wymagania Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668) i wnioskuję o jej dopuszczenie do publicznej obrony.



dr hab. inż. Bartosz GAPIŃSKI, prof. PP