

POLITECHNIKA OPOLSKA WYDZIAŁ MECHANICZNY Katedra Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji	
dr hab. Grzegorz KRÓLCZYK prof. PO profesor nadzwyczajny	ul. Mikołajczyka 5, 45-271 Opole tel. (77) 449 84 61, fax (77) 449 99 27 e mail: g.krolczyk@po.opole.pl

Opole, 26.11.2016r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Łukasza PRZESZŁOWSKIEGO pt.

„Analiza i dobór parametrów szybkiego prototypowania kół zębatych metodą selektywnego spiekania proszków metali”

Podstawą opracowania recenzji jest pismo Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej prof. dr hab. inż. Jarosława Sępa z dnia 9 listopada 2016 roku (RM-530-07-03-2016) na podstawie decyzji Rady Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa z dnia 9 listopada 2016 roku.

1 Charakterystyka rozprawy doktorskiej

Poszukiwanie metod poprawy efektywności procesów produkcyjnych jest niewątpliwie koniecznością w przedsiębiorstwach działających na międzynarodową skalę. Zakres, charakter i sposób realizacji podjętych działań może różnić się w zależności od profilu przedsiębiorstwa, jego wielkości itp., ale zawsze sprowadza się do wdrożenia w przedsiębiorstwie nowej technologii. Technologie przyrostowe są jednymi z dynamicznie rozwijających się metod wytwarzania. Początkowo stosowane były do wydruku przestrzennego prototypów oraz wizualizacji nowych produktów, co ułatwiało proces wprowadzania nowych produktów na rynek. Szybkie prototypowanie obejmuje szereg technologii, gdzie konieczne jest wytworzenie fizycznego modelu, bez konieczności opracowywania przyrządów i uchwytów technologicznych, wyłącznie na podstawie modeli brylowych opracowanych w systemach CAD 3D. Selektowne spiekanie laserowe jest metodą

przyrostową wytwarzania modeli prototypów i narzędzi polegającą na scalaniu warstw proszku przy użyciu wiązki światła laserowego. Takie budowanie modelu nie wymaga generowania dodatkowych elementów podtrzymujących. Elementem podpierającym części modelu jest materiał, z którego buduje się model, a który nie został poddany procesowi spiekania. Proces ten przeprowadzany jest przy użyciu promieniowania laserowego z zakresu podczerwieni, którego źródłem jest zazwyczaj laser CO₂. Odpowiednio dobrany proszek metalowy spajany jest na drodze przetopienia w jednolitą bryłę. Technologia laserowego spiekania umożliwia elastyczną produkcję niewielkich serii i pojedynczych elementów, co pozwala na szybkie reagowanie na potrzeby klienta. Technologie przyrostowe to nie tylko prototypowanie, ale także produkcja gotowych elementów użytkowych czy części maszyn. Jest to technologia coraz częściej wykorzystywana przy wykonywaniu funkcjonalnych i wytrzymałych produktów.

Recenzowana dysertacja, w której Autor opracował własną, autorską metodykę budowania wytwarzania kół zębatach o wysokiej dokładności wymiarowo kształtowej w procesie hybrydowym mieści się w zasadniczym nurcie współczesnych kierunków badań inżynierskich. Liczący się ośrodek rzeszowski wnosi twórczy i widoczny wkład, m. in. w rozwój nauk technicznych i technologii produkcji. Inicjatywy i prace naukowe profesorów Politechniki Rzeszowskiej są z powodzeniem rozwijane przez ich uczniów i są doskonale znane w środowisku zainteresowanych specjalistów. Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Łukasza Przeszłowskiego powstała więc na starannie przygotowanym i w wysokiej kulturze utrzymywanym gruncie wcześniejszego rozpoznania merytorycznego i metodycznego wydzielonego obszaru nauk technicznych. Doktorant mgr inż. Łukasz Przeszłowski w swojej rozprawie doktorskiej zajął się bardzo ciekawą i aktualną tematyką połączenia technologii przyrostowych i ubytkowych pozwalającą na wykonanie kół zębatach o dokładności wyższej niż zastosowanie wyłącznie procesów przyrostowych przy jednoczesnym zachowaniu korzyści wynikających z użycia technologii przyrostowych. Autor opracował konstrukcje dedykowane do wytwarzania metodami przyrostowymi i ubytkowymi, sprawdził efektywność opracowanej procedury modelowania geometrii kół zębatach oraz wykonał analizę porównawczą kół zębatach z proszków metali z kołami zębatach wytworzonymi metodami konwencjonalnymi w zakresie dokładności wymiarowo kształtowej oraz czasu i kosztów produkcji.

Wymienione wyżej okoliczności potwierdzają trafność i sensowność wyboru tematyki badawczej. Uzasadnieniem wspomnianej trafności wyboru jest nie tylko sam fakt usytuowania pracy na szerszym tle ogólnoswiatowych badań naukowych, ale również to, że podejmowana w rozprawie doktorskiej tematyka rokuje nadzieje epistemologiczne oraz dużą nadzieję na uzyskanie walorów użytkowych.

Strukturę rozprawy stanowi wprowadzenie, pięć numerowanych rozdziałów oraz bibliografia. Układ pracy jest prawidłowy - typowy dla prac eksperymentalnych. **Tytuł dysertacji** jest zgodny z jej treścią, choć być może dobrze byłoby zasygnalizować też przedstawioną w dysertacji analizę kosztów czy podkreślić analizowane procesy hybrydowe. Wtedy tytuł mógłby brzmieć: Analiza kosztów w procesie hybrydowym oraz dobór parametrów szybkiego prototypowania kół zębatach metodą selektywnego spiekania proszków metali. Wyeksponowana w odrębnym punkcie **teza pracy**, a raczej hipoteza, jest dobrze ugruntowana w dotychczasowym stanie wiedzy, nie ma charakteru trywialnego, ale

niestety nie jest tezą naukową. **Cel pracy** sformułowany na stronie 17 podany jest w sposób jasny. **Zakres pracy** przedstawiony został w sposób wyczerpujący.

Wprowadzenie napisane jest przekonująco oraz w jasny sposób.

Analiza stanu zagadnienia z zakresu podjętej tematyki przedstawiona została w rozdziale drugim. Dobór analizowanych zagadnień jest prawidłowy i jest odzwierciedleniem dotychczasowego stanu wiedzy. Stanowi podstawę do określenia obszaru badań własnych Autora. Jest to także właściwa baza wiedzy do sformułowania przez Autora tezy pracy. Układ tej części rozprawy oceniam jako logiczny, choć mam pewne uwagi szczegółowe:

- 1) Strona 13 w pracy widnieje dwa razy, ale są to osobne strony tekstu,
- 2) Str. 13 – Autor napisał: „Szczególne zainteresowanie rozwija się wokół technologii...” niefortunne sformułowanie,
- 3) Str. 13 – Autor napisał: „...wyniki są przedstawiane w wielu różnego typu publikacjach”, takie stwierdzenie jest dość niefortunne i w zasadzie nieistotne,
- 4) Str. 14 – Autor napisał: „Jak można zauważyć obszar badawczy związany z aplikacjami technologii hybrydowych ... nie jest dostatecznie rozpoznany”. Należało w tym miejscu wskazać na braki w dotychczasowym stanie wiedzy, a tymczasem to zdanie poprzedzone jest obszerną analizą literatury, z której wynika, iż wiele prac badawczych zostało opublikowanych z zakresu omawianej tematyki.

Przywołania literatury przedstawione przez Autora utrudniają czytelność pracy w kilku przypadkach, zwłaszcza gdy jest ich kilkanaście na raz. Natomiast przy powoływaniu się na istotne dla tematyki prace dobrze jest wymienić nazwisko autora danej pracy np. Budzik i in. [24].

Zasadniczą część rozprawy z punktu widzenia etapów badania naukowego stanowią rozdziały, w których Autor referuje metodykę, wyniki i analizę wyników badań własnych. Są to rozdziały 3, 4 i 5. W tej części pracy Autor zawarł ogólną charakterystykę materiału podlegającego próbom, opisał stanowisko badawcze oraz przedstawił wyniki badań własnych empirycznych. Rozdział czwarty stanowi porównanie wyników laboratoryjnych oraz ich analiza, a rozdział piąty przedstawia analizę kosztów oraz czasów wytwórczych. Całość pracy ułożona jest w poprawny z metodologicznego punktu widzenia ciąg. W tej części zmienne, takie jak chropowatość powinny być przedstawione w pochyleniu. Moje zapytania i uwagi do tej części pracy są następujące:

- 1) Str. 20 – formułując stwierdzenie „bardzo trudno lub w ogóle nie da się otrzymać zakładanej chropowatości” należy przedstawić ilościowo, jaki parametr oraz o jakiej wartości Autor pisze,
- 2) Str. 20 – wiersz 5 od dołu, Autor używa potocznej nazwy siły skrawania, jest tylko jedna siła skrawania oraz jej składowe,
- 3) Str. 36 – wiersz 16 od dołu, Autor użył sformułowania: „Azot podczas procesu jest gazem...”, to raczej niefortunny zwrot, gdyż azot nie tylko podczas omawianego procesu jest gazem,
- 4) Str. 36 – wiersz 8 od dołu, Autor użył sformułowania: „Płytę ustawia się poprzez zmierzenie miernikiem zegarowym”, to także raczej niefortunny zwrot,

- 5) Str. 38 – wiersz 11 od dołu, Autor użył sformułowania: „Ze względu na specyfikę procesu wyjęcie modelu wraz z platforma roboczą wiąże się z jej uprzednim oczyszczeniu”, co Autor miał na myśli?
- 6) Str. 45 – Tab. 4.2: Brak oznaczenia, z którego miejsca zostały wygenerowane profile chropowatości,
- 7) Str. 47, 48 – Tab. 4.4; 4.5. W jakim celu Autor analizował profil chropowatości wzdłuż linii frezowania,
- 8) Str. 59 – brak analizy wyników pomiarów wykonanych systemem optycznym GOM,
- 9) Str. 77 – stwierdzenie: „Proces piaskowania pozwala na uzyskanie znacznie lepszej struktury geometrycznej powierzchni uzębienia” w analizowanych przypadkach zdaje się nie być niczym uzasadnione,
- 10) Str. 100 – Co Autor miał na myśli: „Każda wielkość posiada produkcji wartość optymalną”?
- 11) Rys. 5.5. Niefortunne określenie pod rysunkiem: „Rysunek wykonawczy koła badawczego”,

Ponadto w tej części pracy brakuje, moim zdaniem, wyjaśnienia bądź przedstawienia kilku istotnych szczegółów mogących wpływać na zaprezentowane wyniki:

- 12) Str. 46 – Tab. 4.3: z czego wynika tak duże pochylenie powierzchni przed usunięciem kształtu i poziomowaniem, bardzo duże rozbieżności pomiędzy wartościami parametrów Sku , Ssk oraz ich odpowiednikami 2D? Świadczyć to może o możliwych błędach pomiaru tej powierzchni, tak duże rozbieżności nie są charakterystyczne dla procesu piaskowania,
- 13) Wyniki pomiarów mikrotwardości dobrze jest przedstawić w formie wykresów,
- 14) Rys. 5.1. Prosta 1 w żadnym bądź razie nie jest prostą, ponadto brak jakiegokolwiek opisu linii 3,
- 15) Czy w analizie kosztów wzięto pod uwagę koszty stałe przedsiębiorstwa produkcyjnego? Wynagrodzenia pracowników w długim okresie powinno być tak traktowane. Czy wykonano analizę dla przykładowego studium przypadku?
- 16) Str. 108 – dlaczego w analizie kosztów nie uwzględniono, iż nadatki materiałowe można częściowo odzyskać sprzedając złom wiórów?
- 17) Tab. 5.4. Dlaczego do toczenia na obrabiarce sterowanej numerycznie użyto oprawki prawej, która nie jest zalecana do tego typu procesu?
- 18) Czy nie łatwiejsze i tańsze jest nacięcie zębów na frezarce obwodniowej? Nie zostało to wyjaśnione w dysertacji,
- 19) Brak charakterystyki ostrzy skrawających, geometrii narzędzia oraz informacji o technologicznych parametrach skrawania, niewątpliwie warunki obróbki wpływają na topografię powierzchni, jak dobrano ostrza skrawające, ich geometrię i powłoki? Jakimi były parametry skrawania?

Na podkreślenie zasługuje to, że Autor w swojej pracy wykonał kompleksowe badania oraz wykorzystał nowoczesną aparaturę badawczą.

Wnioski sformułowane na końcu pracy są interesujące i istotne z praktycznego punktu widzenia, natomiast niektóre punkty wniosków przedstawione są w sposób uproszczony, ponieważ wydają się być raczej obserwacyjne niż przedstawiające wartości naukowe. Na

podstawie wyników badań pewne ogólne i podstawowe wnioski naukowe powinny być przedstawione. Ze swej strony proponuję także w bardziej widoczny sposób przedstawić odpowiedź na tezę pracy. Przedstawione w pracy wnioski poprzedzone są krótkim podsumowaniem pracy. **Literatura** zamieszczona w końcowej części pracy jest bardzo obszerna. Autor analizuje i cytuje najnowszą światową literaturę, natomiast literatura nie jest sformatowana jednakowo, w pewnych miejscach np. pozycja [55] podane są pełne imiona autorów, a w innych tylko pierwsza litera imienia. Ponadto pozycje: [17] oraz [18] to jedna publikacja.

2 Ocena rozprawy doktorskiej

Omawiana rozprawa doktorska jest próbą oceny wytworzenia kół zębatach za pomocą szybkiego prototypowania metodą selektywnego spiekania proszków metali. Podane wyżej omówienie wyników recenzowanej dysertacji pokazuje jak obszerny zakres prac wykonany został przez Doktoranta. Jego praca jest samodzielna, co świadczy o dojrzałości naukowej i dużym już doświadczeniu w prowadzeniu prac badawczych. Pan mgr inż. Łukasz Przeszłowski w swojej rozprawie opisał w spójny i logiczny sposób zaplanowane i zrealizowane eksperymenty. Doktorant w pełni zrealizował swój cel. Przedstawioną rozprawę ocenić można w dwóch aspektach: merytorycznym i edytorskim. Zaczynając od tego drugiego należy stwierdzić, że Autor posługuje się poprawnym językiem, słowa dobrane są w sposób przemyślany i ze zrozumieniem treści jakie ze sobą niosą. Rysunki wykonane są starannie oraz wplecione są umiejętnie w całość. To sprawia, że zapoznawanie się z zawartością rozprawy jest stosunkowo łatwe. Wczytując się natomiast w treść można dostrzec pewne drobne niedociągnięcia stylistyczne i literowe.

Przedstawiona analiza rozprawy zawiera wystarczające moim zdaniem przesłanki do sformułowania oceny. Treść rozprawy jest zgodna z tematem zaakceptowanym przez Radę Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej w Rzeszowie. Podjęty temat jest ważny zarówno z poznawczych, jak i praktycznych względów i opracowany został obszernie oraz wyczerpująco. Sformułowane w niniejszej recenzji uwagi nie umniejszają wartości materiału dowodowego pracy, albowiem w większości odnoszą się do sposobu prezentacji uzyskanych wyników. Nie mogą więc stanowić podstawy do kwestionowania wartości pracy. Pod względem metodycznym rozprawa jest poprawna. Literatura specjalistyczna została dobrana trafnie. Układ rozprawy i podział treści między poszczególnymi rozdziałami jest logiczny, choć moim zdaniem, można by go nieco zmodyfikować wykorzystując podane przeze mnie wcześniej sugestie, zwłaszcza dotyczące treści. Zbiór pojęć, jakimi posługuje się Autor, jest na ogół poprawny. Zdarzają się pewne stylistyczne niedociągnięcia, ale raczej wynikające z niezbyt fortunnego tłumaczenia z literatury anglojęzycznej. Strona ilustracyjna pracy jest bez większych zastrzeżeń, redakcja rozprawy zaś wykazuje pewne niedociągnięcia. W dostarczonym do recenzji egzemplarzu stwierdziłem szereg błędów korektorskich, stylistycznych, gramatycznych i drobnych nieścisłości. Zaznaczyłem to w tekście, niektóre z nich przedstawiłem powyżej. Listę drobnych uwag zaś dotyczących stylistyki, korekty i redakcji przekazane zostaną Autorowi.

Warunkiem dysertabilności rozprawy doktorskiej jest jej związek z problemem poznawczym lub metodologicznym bezpośrednio lub pośrednio wpływającym na stan wiedzy. W przypadku recenzowanej rozprawy warunek ten jest spełniony pod względem pierwszego z wymienionych aspektów, co wykazałem w analizie rozprawy. Rozprawa jest w wystarczającym stopniu poprawna metodologicznie, gdyż zawiera elementy, które w metodologii nauk określa się jako etapy badania naukowego.

Przedstawioną do oceny rozprawę oceniam pozytywnie jako pracę wartościową, zawierającą bardzo bogaty materiał. Podsumowując stwierdzam, że rozprawa Pana mgr inż. Łukasz Przeszłowski:

- spełnia wymóg wykazania Jego ogólnej wiedzy teoretycznej w uprawianej dyscyplinie,
- spełnia wymóg oryginalnego rozwiązania przez Autora zagadnienia naukowego,
- wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia przez Autora pracy naukowej.

3 Wniosek końcowy

Całość oceny rozprawy doktorskiej mgra inż. Łukasza Przeszłowskiego pt. „Analiza i dobór parametrów szybkiego prototypowania kół zębatych metodą selektywnego spiekania proszków metali” umożliwia sformułowanie wniosku o spełnieniu warunków określonych ustawą o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku i dopuszczeniu jej do publicznej obrony przed Radą Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej w ramach dyscypliny Inżynieria Produkcji.

