

Dr hab. inż. Jan Burek
prof. nadzw. Politechniki Rzeszowskiej
Politechnika Rzeszowska
Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa
Katedra Techniki Wytwarzania i Automatykacji

Rzeszów, 20.11. 2017 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Damiana Gogolewskiego „Ocena przydatności dwuwymiarowej transformaty falkowej do diagnozowania przestrzennego stanu powierzchni”

Podstawę prawną recenzji stanowi Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003 r. nr 65 poz. 595 z późn. zm.), Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej i Sportu z dnia 15 stycznia 2004 r. w sprawie szczegółowego trybu przeprowadzania czynności w przewodach doktorskim i habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2004 r. nr 15 poz. 128 z późn. zm.) i Uchwała Rady Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej z dnia 21 września 2017 r.,

1. Ogólny opis recenzowanej pracy

Rozprawa doktorska mgra inż. Damiana Gogolewskiego pt. "Ocena przydatności dwuwymiarowej transformaty falkowej do diagnozowania przestrzennego stanu powierzchni" o łącznej objętości 117. stron zawiera sześć rozdziałów wraz z wykazem cytowanej literatury. Praca zawiera łącznie 56 rysunków w tekście głównym rozprawy. W spisie *Literatura* podano spis 85. publikacji źródłowych. Są to przede wszystkim artykuły opublikowane w czasopiśmie naukowych oraz książki. Wśród publikacji zamieszczonych w wykazie cytowanej literatury jest dziewięć pozycji, których współautorem jest Doktorant.

Opracowana przez Doktoranta praca ma charakter doświadczalny i dotyczy oceny przydatności dwuwymiarowej transformaty falkowej do diagnozowania przestrzennego struktury geometrycznej powierzchni (SGP) po obróbce frezowaniem.

Problematyce kształtowania struktury warstwy wierzchniej w procesach obróbkowych poświęcono wiele prac naukowych. Podejście do tego zagadnienia ma jednak zazwyczaj cha-

rakter wycinkowy. Odnosi się głównie do konkretnego rodzaju obróbki, a nawet do konkretnej powierzchni bez uwzględnienia parametrów obróbki.

Podstawową zaletą transformaty falkowej jest możliwość analizy sygnałów zawierających niestacjonarność, co jest charakterystyczną cechą zmiany topografii wysokości nierówności powierzchni w procesach skrawania.

W literaturze można znaleźć wiele przykładów jej zastosowania do analizy sygnałów jednowymiarowych. Wraz z rozwojem metod numerycznych oraz technik komputerowych analiza falkowa znalazła zastosowanie również w bardzo złożonych modelach dwuwymiarowych, do analizy których potrzeba dużej mocy obliczeniowej. Niewątpliwą zaletą analizy falkowej jest wykorzystywanie zmiennej wielkości okna, w zależności od rodzaju przedstawianych informacji. Do przedstawienia informacji wysokoczęstotliwościowej stosowane są krótkie odstępy próbkowania sygnału, natomiast w ocenie niskoczęstotliwościowej odstępy są znacznie większe.

Istotną kwestią jest wybór falki bazowej, którą będzie analizowany sygnał. W analizie sygnału wejściowego za pomocą dwuwymiarowej transformaty falkowej na każdym poziomie dekompozycji następuje jego podział na cztery inne sygnały – sygnał aproksymowany oraz sygnały detali poziomych, pionowych i ukośnych. Sygnał aproksymowany odpowiada informacjom globalnym powierzchni, natomiast powstałe detale – informacjom szybkozmiennym. Na każdym kolejnym poziomie dekompozycji następuje coraz większe wygładzenie sygnału wejściowego. W oparciu o informacje zawarte w pomiarach można stwierdzić, że poziom pierwszy i drugi zawierają jedynie szumy. Dopiero analiza kolejnych poziomów dekompozycji pozwala na wykrycie istotnych informacji.

Dwuwymiarowa transformata falkowa nie była dotychczas stosowana do oceny nierówności powierzchni części maszyn. Możliwość analizy sygnałów niestacjonarnych, nieokresowych stanowi o niewątpliwiej przewadze tej metody nad klasycznymi, obecnie stosowanymi narzędziami, m.in. analizą Fouriera. Stąd też wybór tematu rozprawy uważam jak najbardziej uzasadniony. W pracy skoncentrowano się na:

- doborze falki bazowej sygnału,
- doborze sposobu dekompozycji sygnału,
- diagnozowaniu struktury geometrycznej powierzchni z wykorzystaniem danych mierzonej powierzchni po obróbce frezowaniem.

2. Zakres i ocena poszczególnych części realizowanej pracy

Praca została zrealizowana w Katedrze Technologii Mechanicznej i Metrologii Systemów Wytwarzania Politechniki Świętokrzyskiej pod opieką naukową prof. Włodzimierza Makieli, który od wielu lat zajmuje się naukowo tematyką analizy struktury geometrycznej powierzchni.

W rozdziale pierwszym, stanowiącym wprowadzenie do tematu pracy, Doktorant przedstawił krótką charakterystykę tematu pracy i podstawowe pojęcia dotyczące charakterystyki procesu frezowania czołowego, charakterystyki struktury geometrycznej powierzchni oraz charakterystykę obrabiarki, przyrządów pomiarowych oraz materiałów wykorzystanych w badaniach. Doktorant twierdzi, że „w niniejszej rozprawie poddano badaniom warstwę wierzchnią ...”, co jest zbyt ogólnym stwierdzeniem, ponieważ w pracy badano i analizowano tylko topografię powierzchni. Za całkowicie błędne uważam opis we wstępie stanowiska badawczego. To powinno znaleźć się w dalszej części pracy, a mianowicie w opisie warunków realizacji badań. Natomiast brakuje w tym rozdziale krótkiego streszczenia poszczególnych rozdziałów pracy, które nie wiadomo dlaczego doktorant przedstawił w trzecim rozdziale (pkt. 3.3).

Rozdział drugi zawiera analizę stanu wiedzy dotyczącą dwuwymiarowej transformaty Falkowej, gdzie w szczególności opisano zastosowanie tej transformaty w analizie diagnostycznej procesu frezowania. Szczegółowo przedstawiono problemy analizy sygnałów pomiarowych w tym analizy transformaty falkowej, w zastosowaniu do struktury geometrycznej powierzchni. Uważam, że ten rozdział jest zbyt obszerny, w szczególności dotyczy przytaczanych wyników badań, które nie są związane z tematyką pracy, na przykład pomiarów innych parametrów procesu obróbki (np. siły skrawania, drgania), które mogłyby być pominięte bez uszczerbku dla dokonanej analizy.

Natomiast uważam, że brakuje szerszej analizy kształtowania topografii powierzchni w procesie skrawania i jej pomiarów. Struktura geometryczna powierzchni kształtowana w procesach skrawania zależy od bardzo wielu czynników, a nie tylko od parametrów skrawania (np. drgania, zużycie ostrza, itd.). Tym bardziej, że proces frezowania czołowego frezem wieloostrowym należy do procesów obróbki ubytkowej, w którym częściej występują zakłócenia geometryczne.

Mam ogólną uwagę do przeglądu literatury odnoszącą się do zamieszczania rysunków zeskanowanych z publikacji innych autorów. Uważam, że w pracy naukowej stać autora na narysowanie własnych rysunków, które nie zawierają żadnych wyników badań, a tylko ogólne schematy.

W rozdziale trzecim przedstawiono, cel i zakres pracy oraz tezę naukową. Według mojej oceny uzasadnienie wyboru tematu w ogóle nie jest sprecyzowane, a sformułowanie tezy naukowej, że „możliwe jest wykorzystanie dwuwymiarowej transformaty falkowej do diagnozowania przestrzennego stanu powierzchni części maszyn” jest zbyt ogólne.

Cel pracy powinien być sformułowany następująco: celem pracy była analiza możliwości zastosowania dwuwymiarowej transformaty falkowej do diagnozowania przestrzennego stanu powierzchni po obróbce frezowaniem.

To samo dotyczy tezy naukowej pracy, która jest zbyt ogólnie sformułowana i nie precyzuje co Doktorant chce potwierdzić w badaniach. Według mnie teza pracy powinna być sformułowana następująco: możliwe jest określenie wpływu rodzaju falki bazowej i poziomu dekompozycji sygnału pomiarowego na dokładność parametrów struktury geometrycznej powierzchni.

Poza tym nie rozumiem sformułowania celów szczegółowych, a mianowicie:

- na czym polegała adaptacja dwuwymiarowej transformaty falkowej ?
- co to jest utrata charakteru powierzchni ?
- dlaczego stosowano transformatę do określania minimalnej grubości warstwy skrawanej ?
- na czym polega opracowanie koncepcji zastosowania transformaty falkowej do podziału nierówności SGP.

Jak już wcześniej wspomniałem pkt. 3.3 to nie jest sposób realizacji pracy tylko streszczenie poszczególnych jej rozdziałów. Druga część tego podrozdziału dotycząca doboru parametrów obróbki powinna należeć się rozdziale czwartym.

W rozdziale czwartym przedstawiono założenia i metodykę badań własnych. W szczególności dotyczących metodyki doboru falki bazowej, analizy przestrzennej współczynników sygnałów pomiarowych na poszczególnych poziomach dekompozycji.

Tu również pomieszano metodykę badań z warunkami badań, które powinny być przedstawione w rozdziale 5. badania własne. Brakuje mi też wyraźnego sprecyzowania metodyki badań. Wystarczyło jedynie wspomnieć jakiego typu plany badań były zastosowane. Mam również wątpliwości co do metodyki określenia wpływu parametrów obróbki na kształtowanie struktury obrabianej powierzchni. Rozumiem, że doktorantowi chodziło o pomiary różnych powierzchni kształtowanych przy różnych kombinacjach parametrów obróbkowych. Z przedstawionych warunków obróbki wynika, że uzyskano 64 próbki do badań.

Piąty rozdział zawiera wyniki badań własnych, w szczególności dotyczące doboru falki bazowej, oceny parametru minimalnej grubości warstwy skrawnej, zastosowania analizy falkowej do oceny wartości posuwu oraz zastosowania analizy falkowej do rozdzielania składowych powierzchni zmierzonej. Ogólnie ten zakres badań oceniam poprawnie, choć uważam, że badania dotyczące oceny parametru minimalnej grubości warstwy skrawnej oraz zastosowania analizy falkowej do oceny wartości posuwu są zbędne dla potwierdzenia tezy naukowej pracy. Celem pracy nie jest bowiem badanie mechanizmów tworzenia wióra, ani też wpływu posuwu na powstawanie struktury geometrycznej powierzchni. Natomiast badania doboru falki bazowej i poziomu dekompozycji oceniam bardzo wysoko. Również stwierdzenie przez Doktoranta, że „przeprowadzone badania wykazały, iż brak jest dokładnego algorytmu z wykorzystaniem którego można wytypować falkę bazową do analizy oraz określić maksymalny poziom dekompozycji, do którego można prowadzić dwuwymiarową analizę falkową bez utraty charakteru powierzchni zmierzonej” uważam za odważne i bardzo to cenię. Rzadko się spotyka, że Doktoranci przyznają, że otrzymane wyniki nie całkowicie potwierdzają wstępne założenia ich pracy. Za bardzo cenne uważam badania dotyczące doboru falki bazowej i poziomu dekompozycji i ich wpływu na analizę dokładności pomiarowej powierzchni po obróbce frezowaniem. Uzyskane wyniki są bardzo interesujące z punktu widzenia poznawczego analizy topografii powierzchni.

W szóstym rozdziale przedstawiono podsumowanie i wnioski wynikające z przedstawionych w pracy badań. Podano 3 wnioski wynikające ze dotychczasowych badań, 4 wnioski dotyczące doboru falki bazowej, 2 wnioski dotyczące oceny minimalnej grubości warstwy skrawnej, 1 wniosek dotyczący oceny parametru posuwu oraz 2 wnioski dotyczące analizy po-

wierzchni zmierzonej w celu wyznaczenia składowych nierówności powierzchni. Doktorant odniósł się również do postawionej w pracy tezy badawczej. W mojej ocenie zabrakło wyraźnego odniesienia do możliwości aplikacyjnych uzyskanych wyników badań w praktyce przemysłowej. Zdaję sobie sprawę, że jest to zadanie trudne lecz możliwe do realizacji na przykład przez analizę sygnałów pomiarowych uzyskiwanych z powszechnie stosowanych profilografometrów 3 D topografii struktury geometrycznej powierzchni.

Rozprawa zakończona jest spisem bibliograficznym zawierającym 85 pozycje.

3. Ocena ogólna pracy

Jak już wspomniałem praca ma charakter doświadczalny. Doktorant podjął się analizy struktury geometrycznej powierzchni, trudnego procesu obróbki skrawaniem jakim jest niewątpliwie proces frezowania. Głównym aspektem badań było określenie wpływu wybranych głównych parametrów analizy falkowej, a mianowicie falki bazowej i poziomu dekompozycji rzeczywistego sygnału pomiarowego na oceną jego dokładności. Przeprowadzone badania charakteryzują się wielowątkowością. W ramach badań wykonano bardzo dużą liczbę pomiarów, co wymagało zatem dużego nakładu pracy i czasu. Uważam jednak, że wiele z tych badań było zbędne w stosunku do założonego celu pracy. Można było na przykład na wstępie ograniczyć się do mniejszej liczby powierzchni.

Bardzo pozytywnie oceniam bardzo staranne przygotowanie planu i metodyki badawczej, a także umiejętność realizacji pomiarów. Chociaż niepotrzebnie do przesady opisano obszernie ich istotę. Doktorant wykazał się znajomością analizy statystycznej wyników pomiarów, lecz również mam wiele zastrzeżeń co do wyciągania zbyt wiele ogólnych wniosków, jak na przykład, że chropowatość zależy od parametrów obróbki itp.

Realizowany temat jest nowym zagadnieniem w technologii pomiarów, a osiągnięte wyniki mogą mieć charakter użyteczny. Do najważniejszych osiągnięć praktycznych Doktoranta należy zaliczyć określenie zakresu optymalnych falek bazowych i poziomów dekompozycji z uwagi na dokładność pomiaru struktury geometrycznej powierzchni. W wyniku wykonanych badań Doktorant wykazał słuszność przyjętych założeń i zrealizował cel pracy. Całość rozprawy oceniam pozytywnie.

Uwagi szczegółowe do pracy

Praca napisana jest z wieloma błędami i wykonana mało starannie pod względem edycyjnym. Nie do przyjęcia są rysunki zeskanowane z innych publikacji. W tak dużej objętościowo pracy trudno ustrzec się niedociągnięć gramatycznych i usterek technicznych jednak jest ich stosunkowo zbyt wiele. Nie wpływają one jednak istotnie na jakość opracowania, stąd w większości nie zostały wskazane w recenzji, a zaznaczone w tekście pracy jako uwagi recenzenta i przekazane Doktorantowi w nadziei, że ustrzeże się ich w dalszej pracy naukowej. Wymienię tu tylko najważniejsze:

1. W pracy brakuje wyraźnie sprecyzowania celu, zakresu i tezy naukowej pracy, która powinna się odnieść do przyjętych założeń. Jest to przecież praca naukowa a nie technologiczna.
2. Jednym z większych uchybień jest brak analizy dokładności wymiarowo-kształtowej obróbki frezowaniem.
3. W pracy także wyraźnie brakuje opisu makro i mikrogeometrii powierzchni frezowanej. Ułatwiłoby to zrozumienie wiele zależności parametrów SGP występujących przy obróbce frezowaniem.
4. Poniżej przykładowo przedstawiłem niektóre pytania oraz uwagi krytyczne i dyskusyjne:

Str. 15

„... do takiej analizy wykorzystywane są filtry o określonej długości odcięcia (cut-off), „ zazwyczaj w przypadku filtrów mówimy o częstotliwości odcięcia – wymaga to moim zdaniem doprecyzowania (że częstotliwość można zastąpić długością gdy znana jest prędkość skanowania powierzchni profilu). Zamieszanie rośnie gdy Autor wprowadza dodatkowe pojęcie (str.15 wiersz 17) graniczna wartość długości fali (jakiej?).

W tym miejscu aż prosi się o wyjaśnienie, że prawdopodobnie chodzi tu o składowe profilu powierzchni otrzymane na podstawie rozkładu Fouriera.

Zbyt lakoniczny wstęp dotyczący przeglądu badań zastosowania analizy falkowej w diagnostyce procesów obróbkowych (str. 26 wiersz 10) tylko 23 linijki tekstu.

Zakończenie podrozdziału 2.2 zawiera niepotrzebnie ostatnie 4 linijki opisujące zakres wykonanej przez Autora pracy.

Str. 16

Na jakiej podstawie Autor wybrał zestaw parametrów SGP?

Czy były prowadzone jakieś badania dotyczące ich istotności ?

Str. 20 wiersz 7

... napęd „piezo” - slang piezoelektryczny.

Str. 28

Autor wprowadza pojęcie transformata Fouriera i przedstawia porównanie z analizą falkową, a dopiero na kolejnej stronie wyjaśnia (skrótowo) w kilku zadaniach na czym polega transformata Fouriera. Czy nie lepsze byłoby w pierwszej kolejności krótkie omówienie podstaw matematycznych obu metod a następnie ich porównanie, w zastosowaniu do analizy sygnału niestacjonarnego?

Str. 33

Autor wspomina o tym że sygnał bazowy analizujemy wykorzystując filtry górno – dolno przepustowe ale następnie pisze, że wykorzystano „kwadraturowe filtry lustrzane” bez wyjaśnienia tego terminu.

Schemat analizy z rys. 2.6 nieczytelny, a algorytmy dekompozycji i syntezy praktycznie nie wyjaśnione. Uważam , że warto by na to poświęcić przynajmniej krótki podrozdział, (nie każdy jest ekspertem analizy falkowej).

Rozdz. 2.4

Podano wiele przykładów falek, a nie podano jakie funkcje mogą być falką np. zerowa wartość średnia, w nieskończoności $\rightarrow 0$, itd.

Rozdz. 3.3

... zbadać możliwość adaptacji... a może raczej zastosowania, a jeśli adaptacji to co zmieniono w algorytmie analizy falkowej ?

Str. 43 wiersz 20

„... co potwierdziło słuszność” czy raczej celowość

Str. 43 wiersz 37

„... weryfikacji koncepcji podziału powierzchni „, Autor nie wyjaśnia jakiej koncepcji?

Str. 45

Dlaczego taki plan badań (kompletny)? - b. pracowity !

Na podstawie jakich kryteriów dobrano zakresy zmienności parametrów technologicznych ?

Rozdz. 4.1

Opisy (podstawy matematyczne) testów do doboru falki bazowej moim zdaniem należało umieścić wcześniej – np. w rozdziale dotyczącym podstaw teorii analizy falkowej.

Rozdz. 4.2.1

„ W powstałych obrazach zostały uwidocznione charakterystyczne strefy odpowiadające powierzchni polerowanej, frezowanej oraz miejsce inicjowania procesu skrawania.”

Czy ocena obrazu odbywała się przy wykorzystaniu jakiegoś algorytmu do analizy obrazu ?

A może decyzja o zaliczeniu fragmentu obrazu do jednej ze stref to subiektywna decyzja autora pracy?

Str. 56 wiersz 5

„przeprowadzone badania miały na celu ... do wyznaczania wartości wybranych parametrów procesów skrawania”

Posuw na obrót i posuw na ostrze nawet w najbardziej wyeksploatowanej frezarce nie będą różniły się od zadeklarowanych wartości o więcej niż kilka %, wątpliwe czy uda się je dokładniej wyznaczyć na podstawie analizy obrazów powierzchni zawartych w pracy.

Czy analizowano o ile zmieniają się one w zależności od stanu obrabiarki?

Przypuszczalnie można tą metodą wykryć katastroficzne uszkodzenie jednego z ostrzy.

Rozdz. 5

Ogólna uwaga do danych zawartych w tabelkach (wszystkich).

Należało rozsądnie zaokrąglić wyniki do max. 3 cyfr znaczących. Podawanie wyników np. Sq z dokładnością do dziesiątych części nanometra to gruba przesada. Podobnie błąd względny δ tu wystarczają 2 cyfry znaczące.

Moim zdaniem bardziej czytelne były by np. wykresy słupkowe zamiast tabel.

Rozdz. 5.2

Str. 82

Dlaczego zastosowano obróbkę bez chłodziwa?

Nieczytelne rysunki.

Str. 85

W jaki sposób został wyznaczony tak precyzyjnie obszar w którym proces skrawania nie został ustabilizowany? Na rys. 5.10 podano 5 cyfr znaczących.

Str. 87. wiersz 3.

... nie dla wszystkich próbek można w jednoznaczny sposób ocenić miejsce występowania stref podczas inicjowania procesu skrawania.

W jaki sposób Autor zamierza rozwiązać ten problem?

Czy jest to wada przyjętej metody czy też wynik zbyt niskiej jakości obrazu (danych wejściowych metody) ?

Str. 89 wiersz 11

... w „pewnym przybliżeniu” zadanej wartości parametru posuwu”

Czy nie należało przynajmniej oszacować dokładności pomiaru?

Ogólnie:

Wiele rysunków w pracy jest niskiej jakości. Język mało precyzyjny, bardzo rozbudowane i często niegrammatyczne zdania. Kolejność rozdziałów przynajmniej dyskusyjna. Słabe omówienie dotychczasowego stanu wiedzy. Autor nigdzie nie wspomina (a przynajmniej ja nie zauważyłem) jakiego programu użył do przeprowadzenia swoich analiz. Samodzielnie napisał wykorzystywane moduły obliczeniowe czy korzystał z jakiegoś programu?

Powyższe uwagi mają charakter dyskusyjny i nie obniżają wartości merytorycznej rozprawy. Uważam, że ustosunkowanie się do nich Doktoranta wzbogaci podane treści.

4. Wniosek końcowy

Przedstawiona do recenzji praca doktorska mgra inż. Damiana Gogolewskiego zawiera samodzielne opracowanie zagadnienia naukowego. Autor wykazał należyłą wiedzę oraz umiejętności prowadzenia badań naukowych i przedstawiania wyników.

Na podstawie przedstawionej oceny stwierdzam, że opiniowana praca mgra inż. Damiana Gogolewskiego spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone przez Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2003 r. m 65 poz. 595 z późn. zm.).

Wnioskuje o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

