

dr hab. inż. Wojciech Macek, prof. uczelni
Zakład Mechaniki Stosowanej i Biomechaniki
Instytut Mechaniki i Konstrukcji Maszyn
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa

Gdańsk, 09.04.2024

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Rolanda Mrugalskiego pt.:
„Wybrane zagadnienia procesu wiercenia otworów w stopie aluminium
AlSi10Mg(Cu) w warunkach zminimalizowanego smarowania z systemem dwukanałowym
wiertła pełnowęglkowych”

wykonanej pod opieką promotora Pana dr. hab. inż. Radosława Marudy, prof. uczelni
opracowana na podstawie Uchwały nr 993 Senatu Uniwersytetu Zielonogórskiego
z dnia 31 stycznia 2024 roku

Wprowadzenie

Zadaniem substancji chłodzącej podczas obróbki skrawaniem jest odprowadzania ciepła, smarowanie powierzchni narzędzia i transport wiórów. Rozwój systemów chłodzenia dotyczy metod i konstrukcji układów oraz substancji chłodzących. Ekologiczne metody zminimalizowanego chłodzenia i smarowania obecnie są szeroko stosowane w przemyśle oraz badane i rozwijane przez naukowców. Dobór odpowiedniego rodzaju cieczy chłodząco-smarującej oraz techniki jej podawania do strefy wiercenia w celu poprawy efektywności samego procesu, z uwzględnieniem aspektów ekologicznych jest zagadnieniem bardzo istotnym. Recenzowana rozprawa doktorska zawiera analizę wpływu parametrów aerozolu w metodzie zminimalizowanego smarowania (MQL) i zmiany prędkości obrotowej wiertła na wybrane wskaźniki skrawalności dla procesu wiercenia stopu aluminium. Badania przeprowadzono również w warunkach obróbki na sucho i chłodzenia sprężonym powietrzem.

Tematyka podjęta przez Pana mgr. inż. Rolanda Mrugalskiego wpisuje się w aktualne trendy badawcze obejmujące analizę relacji między sposobem chłodzenia i smarowania a będącymi ich skutkiem jakości powierzchni obrobionej i trwałości narzędzi. Doktorant w swojej dysertacji podejmuje istotne z praktycznego i naukowego punktu widzenia zagadnienia. Cel, przedmiot i treść rozprawy doktorskiej są ściśle dopasowane do dyscypliny Inżynieria Mechaniczna.

Charakterystyka i ocena formalna rozprawy

Rozprawa charakteryzuje się klasycznym, przejrzystym układem, co podczas jej lektury pozwala na intuicyjne podążanie za opisami stanu wiedzy, założeniami, wynikami i ich interpretacją. Praca ma 194 strony, a jej główna część została przez Autora racjonalnie podzielona na spis treści, 6 rozdziałów i bibliografię. Oprócz tych sekcji zawiera wykaz oznaczeń oraz streszczenie w języku polskim i angielskim. W rozprawie nie zamieszczono wykazu tabel i rysunków oraz słów kluczowych.

Trzystronicowy „Wstęp” odpowiednio wprowadza czytelnika do tematyki dysertacji, uzasadnia motywację do jej podjęcia i jest zakończony krótkim podsumowaniem wskazującym zakres zrealizowanych prac służących osiągnięciu postawionych celów.

Pierwszy rozdział „Analiza literaturowa” obejmuje opis stanu wiedzy w świetle literatury. Autor przedstawił szczegółowy przegląd treści prac bezpośrednio związanych z tematyką rozprawy dzieląc je na trzy główne zagadnienia: ciecze chłodząco-smarujące stosowane podczas wiercenia (podrozdział 1.1), dodatki wprowadzane do cieczy chłodząco-smarujących (podrozdział 1.2) oraz metody doprowadzania cieczy chłodząco smarujących do strefy skrawania podczas wiercenia (podrozdział 1.3). Podrozdział 1.3 podsumowano wnioskami dotyczącymi stanu wiedzy o właściwościach użytkowych.

Cel sformułowany na stronie 61 podano w sposób jasny z podziałem na cel poznawczy i użytkowy. Osiągnięcie tych celów wymagało starannego zaplanowania szerokiego zakresu prac badawczych i analitycznych, który został schematycznie przedstawiony na rysunku 2.1. Takie przedstawienie zakresu rozprawy doktorskiej ułatwia ocenę przyjętych ram zadań badawczych, a zwłaszcza założony logiczny ciąg przyczynowo-skutkowy i ich komplementarność. Hipotezę pracy, która również została zawarta w rozdziale 2, oceniam jako przygotowaną prawidłowo i spójną z pozostałymi elementami.

Treść części badawczej rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Rolanda Mrugalskiego (rozdziały 3-5) obejmuje zaplanowanie i przeprowadzenie badań naukowych. Rozdział 3 poświęcony jest badaniom symulacyjnym parametrów wejściowych i wyjściowych tworzenia aerozolu w metodzie zminimalizowanego smarowania podczas wiercenia. W rozdziale 4 zaprezentowano metodykę i warunki badań doświadczalnych. Autor referuje wyniki badań doświadczalnych w rozdziale 5, podsumowując je odpowiednimi wnioskami. Badania symulacyjne parametrów wejściowych i wyjściowych tworzenia aerozolu w metodzie zminimalizowanego smarowania podczas wiercenia (rozdział 3) powinny być włączone odpowiednio do rozdziałów 4 i 5. Są one integralną częścią badań, jednak Autor, aby podkreślić znaczenie badań symulacyjnych, utworzył dla nich osobny rozdział.

Wnioski końcowe wraz z podsumowaniem (rozdział 6) podzielono na trzy części: wnioski poznawcze, wnioski użytkowe oraz wnioski do dalszych badań. Doktorant podkreślił potwierdzenie przyjętej tezy rozprawy doktorskiej.

Autor analizuje i cytuje najnowszą światową literaturę, bibliografia sformatowana jest także w sposób jednolity. Literatura obejmuje 133 pozycje źródłowe, wśród których niestety nie ma prac autorstwa Doktoranta.

Przypisy bibliograficzne przedstawione przez Autora utrudniają czytelność rozprawy w niektórych przypadkach, zwłaszcza gdy występują po kilka na raz. Przy powoływaniu się na istotne prace, z punktu widzenia omawianego zagadnienia, wskazane jest aby wymienić nazwisko autora danej pracy np. Taylor i in. [16].

Praca napisana jest przystępnym językiem technicznym i z zastosowaniem prawidłowej terminologii. Podczas oceny formalnej nasunęły mi się jedynie nieliczne uwagi edycyjne, co świadczy o dużym zaangażowaniu Autora w przygotowanie pracy:

- „...w skutek...” – powinno być „wskutek”;
- „...ilość kropel...” oraz „ilość otworów” – powinno być „liczba” w obu przypadkach;
- Podrozdział 4.1. „...parametrów tworzenia...” – powtórzenie;
- Tabela 3.2. – niekonsekwentne kończenie zdań znakami interpunkcyjnymi (kropki, średniki lub ich brak);
- Prawdopodobnie Doktorantowi chodzi o „metodę objętości skończonych” stosowaną w środowisku Fluent, a nie o „metodę elementów skończonych”;
- Nie ma takiego pojęcia jak prędkość linii strugi. Prawdopodobnie chodzi o „prędkość strugi płynu”;
- Rysunek 3.13 - powtórzenie oznaczenia „b”.

Nieliczne błędy nie mają wpływu na ocenę rozprawy i zostały wymienione w celu uwrażliwienia Doktoranta na lingwistyczne i edytorskie aspekty opracowań naukowych.

Ocena merytoryczna rozprawy

Zagadnienia poruszane w pracy są kontynuacją rozwijanych w Instytucie Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Zielonogórskiego obszarów badań naukowych dotyczących modelowania tworzenia medium czynnego podczas obróbki ubytkowej w warunkach zminimalizowanego chłodzenia i smarowania.

W recenzowanej pracy Autor podjął się określenia relacji między sposobem chłodzenia i smarowania a będącymi ich skutkiem jakości powierzchni obrabianej i trwałości narzędzi. Doktorant analizował podawanie cieczy chłodząco-smarującej w metodzie zminimalizowanego smarowania (MQL) pod względem kinematyki strugi medium czynnego oraz pod względem podawania ilości cieczy chłodząco-smarującej ze względu na dokładność wymiarową otworu, topografię powierzchni oraz drgania i zużycie wiertła.

Elementem nowości jest zastosowanie badań symulacyjnych w celu zwizualizowania strugi wewnątrz kanałów doprowadzających medium czynne do strefy skrawania w zależności od warunków tworzenia aerozolu olejowego w metodzie zminimalizowanego smarowania. Rozprawę charakteryzuje silne powiązanie potrzeb technicznych i ekonomicznych wywodzących się z przemysłu motoryzacyjnego a możliwościami rozwiązywania takich problemów metodami naukowymi.

Autor rozprawy prawidłowo wykonał postawione zadanie badawcze: przeprowadził krytyczny przegląd literatury, zaproponował adekwatne do osiągnięcia celu pracy badania, zrealizował zaawansowane i uzupełniające się badania ukierunkowane na ocenę zachowania się strugi medium czynnego, jakości powierzchni obrabianego elementu i zużycia wiertła. Wykorzystał nowoczesne metody badawcze służące wykonaniu otworów i ocenie ich jakości, w stopie

aluminium AlSi10Mg(Cu), wykorzystywanym do produkcji głowic silnikowych. Finalnie Doktorant prawidłowo zinterpretował wyniki badań.

Szeroki zakres badań umożliwił identyfikację związku parametrów wejściowych procesu tworzenia aerozolu w metodzie zminimalizowanego smarowania (MQL) z prędkością obrotową narzędzia podczas wiercenia stopu aluminium AlSi10Mg(Cu). Autor uwypuklił wpływ modyfikacji parametrów generowania medium czynnego na właściwości aerozolu oraz znaczenie zmiany prędkości obrotowej narzędzia na wskaźniki skrawalności.

Podsumowanie i uwagi dyskusyjne

Odnosząc się do aspektów merytorycznych i praktycznych podkreślam, że pracę uważam za interesującą i wartościową. Poniżej przedstawiam wybrane pytania, które nasunęły mi się podczas lektury pracy. Mam nadzieję, że wymienione uwagi okażą się pomocne w dalszych badaniach Doktoranta. Proszę o odpowiedzi i komentarze dotyczące wymienionych poniżej kwestii.

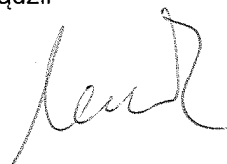
- W tabeli 3.2. Autor napisał, że zaniechano uwzględniania wymiany ciepła związanej z promieniowaniem oraz innych źródeł ciepła, takich jak tarcie. Ponieważ głównym zadaniem płynu przepływającego przez otwory w wiertle jest chłodzenie powierzchni skrawanej, której temperatura rośnie w wyniku tarcia, to czy pominięcie tarcia jest uzasadnionym uproszczeniem?
- Podrozdział 3.5 – Czy przeprowadzono analizę wpływu liczby elementów siatki na uzyskane wyniki?
- Podrozdział 3.6 – Jakie kryterium przyjęto do zakończenia obliczeń przy symulacji?
- Brak informacji (rysunku) dotyczących wymiarów i kształtu analizowanych elementów. Czy na przykład dla potrzeb pomiarów topografii powierzchni potrzeba było wycinać próbki, aby zmieścić je w przestrzeni pomiarowej profilometru?
- Z rysunku 5.35 wynika iż analizie metrologicznej poddawano obszary 1 mm × 1 mm. Czy tak było dla wszystkich przypadków? W których dokładnie miejscach otworu mierzono parametry topografii powierzchni?
- Doktorant podał informację, iż pomiary topografii powierzchni wykonano zgodnie z normą ISO 25178, zaś obróbkę skanowanych powierzchni przy pomocy oprogramowania MountainsMap. Jakiej „obróbce” poddano dane wejściowe? Czy zastosowano np. usuwanie artefaktów, progi do usuwania pików, poziomowanie, uzupełnianie brakujących punktów danych, czy też wygładzanie powierzchni?
- Podrozdział 6.3. Wnioski do dalszych badań
Czy pirometr rzeczywiście będzie miał zastosowanie do badania rozkładu temperatur w strefie styku materiał obrabiany-narzędzie-wiór w trakcie wiercenia?



Wniosek końcowy

Recenzowana dysertacja jest wartościowym i oryginalnym osiągnięciem naukowym Pana mgr. inż. Rolanda Mrugalskiego. Doktorant zaprezentował w swojej rozprawie doktorskiej komplementarne i dobrze uzasadnione merytorycznie wyniki badań i analiz, zastosował nowoczesne metody badawcze rozwiązując wynikający z praktyki produkcyjnej problem techniczny i naukowy. Opiniowana praca doktorska spełnia wymagania Ustawy z dnia 20.07.2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. z 2023 r. pozycja 212, z późn. zm.) oraz innych stosownych regulacji prawnych i wnioskuję do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Uniwersytetu Zielonogórskiego o dopuszczenie Pana mgr. inż. Rolanda Mrugalskiego do publicznej obrony w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna.

Sporządził

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Kewit', written in a cursive style.