

Prof. dr hab. inż. Kazimierz Zaleski

Lublin, 18. 05. 2023 r.

ul. Wyżynna 45 m. 7

20-560 Lublin

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Mateusza Bronisia pt. „Wpływ wybranych warunków obróbki na dokładność wymiarowo kształtową i chropowatość powierzchni obrobionych otworów”

Promotorem przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej jest dr hab. inż. Edward Miko, prof. PŚk, a promotorem pomocniczym dr inż. Łukasz Nowakowski. Podstawą opracowania niniejszej recenzji jest pismo Dyrektora Naukowego Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Świętokrzyskiej dr. hab. inż. Sławomira Błasiaka, prof. PŚk nr MAA-510/ 26/ 2023 z dnia 29.03.2023 roku.

1. Podstawowe dane o kandydacie

Mgr inż. Mateusz Broniś tytuł magistra inżyniera otrzymał dnia 12 lipca 2018 r. na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej (specjalność: automatyka przemysłowa). W roku 2018 podjął studia doktoranckie na tym Wydziale. Od lutego 2022 roku zatrudniony jest w Katedrze Podstaw Konstrukcji Maszyn i Technologii Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej na stanowisku asystenta.

2. Ogólna charakterystyka i ocena układu rozprawy

Rozprawa doktorska mgr. inż. Mateusza Bronisia została napisana w języku polskim i przedstawiona na 205 stronach tekstu, tabel i wykresów. Treść rozprawy obejmuje spis treści, wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów, wstęp, 6 rozdziałów merytorycznych, wykaz cytowanej literatury, streszczenie w języku polskim, streszczenie w języku angielskim.

We wstępie Autor podkreślił znaczenie obróbki skrawaniem w budowie maszyn, przedstawił klasyfikację otworów i scharakteryzował typowe rodzaje błędów występujących w procesie wykonywania otworów. Wstęp zakończył krótkim omówieniem treści rozprawy.

W rozdziale pierwszym przedstawiona została analiza literatury związanej z tematem rozprawy. Krótko scharakteryzowano wykonywanie otworów metodą wiercenia, a następnie zebrano wyniki dotychczasowych prac na temat wpływu warunków obróbki na dokładność, odchyłki kształtu i położenia oraz chropowatość powierzchni wykonywanych otworów. Analizowano też prace związane z powstawaniem zadziorów na krawędzi wierconych otworów.

Rozdział drugi zawiera wyniki badań symulacyjnych, które zostały przeprowadzone na podstawie modeli matematycznych podanych w literaturze. W formie graficznej pokazano zależności dokładności otworów i chropowatości ich powierzchni od warunków technologicznych wiercenia.

W rozdziale trzecim Autor sformułował hipotezy badawcze, a także określił zakres pracy, w którym sprecyzował zadania przewidziane do realizacji w części eksperymentalnej rozprawy.

Rozdział czwarty, poświęcony metodyce prowadzonych badań, obejmuje charakterystykę stosowanych układów kinematycznych wiercenia, omówienie używanych w badaniach wiertel, oprawek, obrabiarki i urządzeń pomiarowych, a także przedstawienie kształtu, wymiarów i materiałów badanych próbek. Określono skład chemiczny poddanych eksperymentowi materiałów oraz ich podstawowe właściwości mechaniczne.

W rozdziale piątym, największym, bo jego objętość stanowi około 70% objętości całej rozprawy, przedstawiono wyniki badań doświadczalnych wraz z ich opracowaniem statystycznym i analizą. Badano wpływ prędkości obrotowej, posuwu i układu kinematycznego na odchyłki walcowości, odchyłki prostoliniowości, odchyłki okrągłości, błędy średnicy, parametry Ra i Rt chropowatości powierzchni otworów wierconych w pięciu różnych materiałach. Badano też grubość i wysokość zadziorów powstających w procesie wiercenia. Na podstawie uzyskanych wyników opracowano modele matematyczne, które umożliwiły przeprowadzenie badań symulacyjnych analizowanych zależności.

W rozdziale szóstym przedstawiono wnioski poznawcze i użytkowe, opracowane przez Autora w oparciu o własne badania eksperymentalne i przeprowadzone analizy. Sformułowano też kierunki dalszych badań.

W rozprawie zawarto wszystkie elementy niezbędne do przedstawienia wyników badań doświadczalnych, uporządkowane we właściwej kolejności. Można zatem stwierdzić, że układ rozprawy jest prawidłowy a treść pracy jest spójna merytorycznie.

3. Ocena tytułu i celu rozprawy

Podjęta przez Doktoranta problematyka dokładności wymiarowo kształtowej i chropowatości powierzchni obrabianych otworów wiąże się z jakością technologiczną wytwarzanych przedmiotów. Jest to zagadnienie ważne i aktualne zarówno z punktu widzenia poznawczego jak i utylitarne.

Tytuł rozprawy w zasadzie odpowiada jej treści. Kwestią dyskusyjną jest, czy nie należałoby zastąpić słowa „obróbki” słowem „wiercenia”. Wówczas bezpośrednio z tytułu wynikałby sposób obróbki badanych otworów.

Autor nie zredagował w formie zwartej jednego celu pracy, natomiast w poszczególnych punktach zakresu pracy podane zostały cele cząstkowe, które w zestawieniu dają kompletny obraz zamierzonych osiągnięć. Autor sformułował trzy hipotezy badawcze, które są efektem analizy dotychczasowego stanu wiedzy.

4. Ocena cytowanych materiałów źródłowych

Doktorant przeanalizował 83 pozycje literatury, a ponadto powołał się na 6 norm i 5 stron internetowych. Wykaz cytowanej literatury obejmuje 14 książek i 69 artykułów głównie w czasopiśmie (nieliczne w materiałach konferencyjnych). Większość, bo 65 pozycji literatury, jest w języku angielskim, ponadto 5 w języku rosyjskim, a pozostałe – w języku polskim. Doktorant przeanalizował literaturę z ostatnich kilkadziesiąt lat, ale głównie skupił się na publikacjach najnowszych, gdyż 51 pozycji, co stanowi ponad 60%, zostało wydanych w ostatnich dziesięciu latach. Wśród wymienionych w wykazie literatury publikacji są cztery współautorskie pozycje Doktoranta.

Przytoczona literatura jest w wystarczającym stopniu reprezentatywna dla tematyki rozprawy doktorskiej, a jej analiza przeprowadzona została prawidłowo.

5. Ocena zastosowanych metod badawczych

Doktorant otwory wykonywał na centrum tokarskim wyposażonym w głowicę z napędzanymi narzędziami. Zastosowanie takiej maszyny technologicznej umożliwiło wiercenie otworów w różnych układach kinematycznych. Jako narzędzie stosowano wiertła z węglików spiekanych z powłoką TiAlNPlus. Zastosowanie jednakowych wiertel w procesie wiercenia otworów w różnych materiałach pozwoliło na zmniejszenie liczby czynników wejściowych w przeprowadzonym eksperymencie, jednakże należy postawić pytanie, czy

zastosowanie wiertel o geometrii dedykowanej do obróbki poszczególnych badanych materiałów mogłoby korzystnie wpłynąć na otrzymane wartości czynników wyjściowych.

Pomiary średnicy oraz dokładności kształtu otworów przeprowadzono na współrzędnościowej maszynie pomiarowej, a wysokość i szerokość zadziorów mierzono na mikroskopie cyfrowym 3D. Chropowatość powierzchni mierzono za pomocą profilometru stykowego, a skład chemiczny poszczególnych materiałów określano na skaningowym mikroskopie elektronowym. Użyta w pracy aparatura dobrana została prawidłowo ze względu na zamierzone do osiągnięcia cele pracy.

Wyniki badań doświadczalnych opracowano przy zastosowaniu wieloczynnikowej analizy statystycznej ANOVA. Przyjęta metodyka badań nie budzi zastrzeżeń i wskazuje na dobre przygotowanie Doktoranta do prowadzenia prac badawczych.

6. Ocena wartości naukowej i uytylitarnej rozprawy

Otwory występują w licznych elementach maszyn i w wielu przypadkach dokładność ich wykonania ma duże znaczenie ze względu na współpracę poszczególnych elementów lub ich łączenie. W klasycznym procesie technologicznym dokładne otwory w pełnym materiale wykonuje się stosując wiercenie jako obróbkę wstępną, a następnie otwory te obrabia się wykończeniowo metodą np. rozwiercania, przeciągania, szlifowania. Postęp w budowie maszyn technologicznych i narzędzi umożliwia uzyskanie dużej dokładności oraz małej chropowatości powierzchni otworów po wierceniu.

Doktorant przeprowadził badania wpływu parametrów skrawania oraz układu kinematycznego wiercenia na dokładność i chropowatość powierzchni otworów oraz wymiary powstających zadziorów. Szczególnie należy zwrócić uwagę na uwzględnienie w badaniach kinematyki układu przedmiot obrabiany – narzędzie, gdyż we wcześniejszych badaniach ten aspekt procesu wiercenia na ogół był pomijany.

Badaniom poddane zostały następujące materiały: stal niestopowa C45, stal stopowa 40HM+QT, stop aluminium PA6, mosiądz MO58, stop niklu Inconel 718. Są to materiały znajdujące dość duże zastosowanie w budowie maszyn, zatem ich wybór należy uznać za zasadny.

Do ważniejszych osiągnięć Autora rozprawy w zakresie dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna, w której ubiega się o stopień naukowy doktora, zaliczam:

- eksperymentalne wykazanie wpływu warunków obróbki, z uwzględnieniem układu kinematycznego wiercenia, na jakość wykonywanych otworów,

- opracowanie modeli matematycznych umożliwiających obliczenia odchyłek walcowości, odchyłek okrągłości, odchyłek prostoliniowości, błędów średnic, chropowości powierzchni oraz szerokości i wysokości zadziorów dla otworów wywierconych w stali C45 stali 40HM+QT, stopie aluminium PA6, mosiądzu MO58 i stopie niklu Inconel 718,
- określenie udziału procentowego rodzaju odchyłek walcowości i rodzaju odchyłek okrągłości w zależności od układu kinematycznego dla poszczególnych materiałów obrabianych.

Na podkreślenie zasługują utylitarne wartości rozprawy. Znaczna poprawa jakości otworów w wyniku prawidłowego doboru warunków technologicznych wiercenia może ułatwić obróbkę wykończeniową tych otworów a nawet ją wyeliminować. Wyznaczone zależności mogą być wykorzystane do prognozowania błędów wymiarów, kształtu i chropowości powierzchni wierconych otworów oraz wymiarów zadziorów powstających na krawędziach tych otworów. Do szybkiej oceny wpływu parametrów technologicznych i układu kinematycznego na badane wielkości mogą służyć wykresy przedstawiające wyniki badań symulacyjnych zbudowanych modeli matematycznych.

W rozprawie występują pewne usterki i niejasności. Do ważniejszych z nich należy zaliczyć:

1. Na str. 7 (wiersz 17 od góry) w zdaniu: „Proces obróbki skrawaniem zachodzi dzięki złożeniu dwóch ruchów: głównego (ruch obrotowy) i pomocniczego (ruch prostoliniowy)” zamiast słowa „pomocniczego” powinno być „posuwowego”. Definicja ta jest słuszna dla większości sposobów obróbki skrawaniem, ale np. w procesie dłutowania ruch główny nie jest ruchem obrotowym.
2. Na str. 9 w podpisie pod rys. 1 jest: „ b_D – część robocza”, a powinno być: „ b_D – szerokość warstwy skrawanej”.
3. W niektórych przypadkach ta sama wielkość jest oznaczana różnymi symbolami, np. prędkość posuwu jest oznaczana w wykazie oznaczeń na str. 6 jako „ v_f ”, na str. 12 jako „ f ” a na str. 13 jako „ x ”.
4. Na str. 13 (wiersz 8 od dołu) Autor pisze: Tureccy badacze pod przewodnictwem Kurt [24]...”. Czy z faktu, że w publikacji nazwisko Kurt umieszczone zostało na pierwszym miejscu wynika, że on przewodniczył badaniom?
5. Na stronie 14 (wiersz 7 od góry) zamiast „dwóch parametrów prędkości obrotowej wrzeciona ($n = 3000; 4500$ obr/min)” powinno być „dwóch wartości prędkości obrotowej wrzeciona ($n = 3000; 4500$ obr/min)”.

6. Na str. 14 (wiersz 17 od góry) Autor pisze: „dla czterech parametrów”, podczas gdy w dalszej części zdania jest mowa o dwóch parametrach. Wydaje się, że Autor miał na myśli 4 wartości poszczególnych parametrów. Podobne błędy występują np. na str. 28.
7. Na str. 15 pod wzorami (9) ÷ (11) brak wyjaśnienia, że oznaczenia we wzorach przyjęto wg rys. 5.
8. Na str. 28 (wiersz 11 ÷ 13 od dołu) zdanie: „Badacze Sandeep i współautorzy [49] przedstawili zmianę wysokości powstających zadziórów oraz wpływu warunków” jest niejasne. Jakich warunków? Wpływu na co?
9. Na str. 30 (wiersz 6 od góry) napisano, że rys. 14 ukazuje wyniki badań trzech parametrów wejściowych, natomiast na rysunku są dwa parametry wejściowe (trzeci parametr, tj. ciśnienie cieczy, miał wartość stałą, zatem nie był parametrem zmiennym).
10. Na str. 33 napisano, że im większa prędkość obrotowa tym lepszy wynik parametru Ra. Z rys. 18 wynika, że ze wzrostem prędkości obrotowej zwiększa się wartość parametru Ra, a zatem następuje jego pogorszenie.
11. Podając wartość mikrotwardości (str. 42, wiersz 4 od góry) należy podać metodę pomiaru oraz wartość obciążenia, ponieważ czynniki te mają wpływ na wartość mikrotwardości.
12. Na str. 44 (wiersz 2 od dołu) zamiast „waga maszyny” powinno być „masa maszyny”.
13. Na str. 48 ÷ 49 w podanych procentowych składach chemicznych poszczególnych materiałów nie wymieniono wszystkich składników (suma udziałów procentowych jest mniejsza od 100%).
14. W tabeli 14 na str. 51 w niektórych wierszach kolumny KIN występuje wartość 0. Po podstawieniu $KIN = 0$ do wzoru (34) otrzymuje się $n_n = n$. Jak to interpretować? Można domyślać się, że rozpatrywany jest przypadek, gdy przedmiot obrabiany obraca się w kierunku przeciwnym niż wiertło. Wówczas jedną z tych prędkości trzeba przyjąć jako ujemną i w takim przypadku KIN nie będzie równy 0.
15. W pracy nie zauważyłem informacji na temat cieczy chłodząco – smarującej stosowanej w procesie wiercenia.
16. Zwracają uwagę bardzo duże różnice błędów średnicy otworów wierconych w różnych materiałach (np. w stali - str. 54 i w mosiądzu – str. 57). Interesujące byłoby wyjaśnienie przyczyn tych różnic.
17. W pracy zdarzają się nieścisłości w analizie wyników, np. na str. 88 w pierwszym akapicie od góry napisano: „...stosując prędkość obrotową wynoszącą 4775 obr./min.

- uzyskano najmniejszą wartość odchyłki okrągłości wynoszącą $4,2 \mu\text{m}$...” Natomiast z rys. 48 na str. 87 wynika, że odchyłka ta nie przekracza $4,0 \mu\text{m}$.
18. Autor wielokrotnie (np. w podpisie rys. 87 i 88 na str. 130) używa sformułowania „stop mosiądzu”. Mosiądz jest stopem miedzi z cynkiem i innymi metalami, zatem należy pisać „mosiądz”.
 19. Na rys. 90 (str. 131) zamieszczono ponownie wykres efektów głównych parametru Rz natomiast brak wykresu dotyczącego parametru Rt.
 20. Na str. 132 (wiersz 16 od dołu) podano, że najmniejszą wartość parametru Ra uzyskano dla układu kinematycznego drugiego, a z rys. 91 wynika, że dla układu trzeciego.

Wymienione uwagi, niektóre o charakterze dyskusyjnym, nie wpływają na ogólnie pozytywną ocenę rozprawy doktorskiej. Doktorant zrealizował przyjęty zakres pracy. W wyniku przeprowadzonych badań potwierdzone zostały hipotezy założone w rozprawie.

7. Uwagi dotyczące edytorskiej i redakcyjnej strony rozprawy

Rozprawa została napisana poprawnym językiem technicznym. W tekście występują odniesienia do rysunków i powoływanie się na literaturę. Pod względem edycji rozprawę oceniam pozytywnie. Jednak Autor nie ustrzegł się pewnych usterek edytorskich. Ważniejsze z nich przedstawiam poniżej:

1. Na str. 12 (wiersz 3 od góry) zamiast „analizie z tej problematyki” powinno być „analizie tej problematyki”
2. Na str. 23 (wiersz 1 od góry) Autor pisze: „...W literaturze oraz czasopismach...”. Pojęcie literatura obejmuje również artykuły w czasopismach.
3. W ostatnim akapicie na str. 29 fragment: „Analizując wyniki symulacji ... dokładność wymiarową otworu” powinien stanowić jedno zdanie.
4. Na str. 35 niepoprawne jest ostatnie zdanie: Największe zadziory powstaną dla bardzo małym posuwie...”
5. Zamiast słowa „detal” (np. na str. 44, wiersz 4 od dołu) proponuję używać słów: „część” albo „element”.
6. Na str. 52 (wiersz 9 od dołu) zwrot „Metody zastosowane do pomiarów oraz ich parametry.” jest niezrozumiały – brak orzeczenia.
7. Na rys. 37 ÷ 41 (str. 75 ÷ 77) opis osi jest mało czytelny (bardzo mała czcionka).

8. W ostatnim akapicie na str. 114 (wniosek 7) zamiast „miał duże znaczenie na parametr R_t ” powinno być: „miał duży wpływ na parametr R_t ”.
9. Na str. 165 (wiersz 1 od góry) zamiast „niezależnie do zastosowanego układu” powinno być: „niezależnie od zastosowanego układu”.
10. Występują błędy interpunkcyjne, np. na str. 194 (wniosek 7) między wyrazami „istotne” i „ponieważ” powinien być przecinek.
11. W spisie literatury Autor nie przestrzegał zasad polskiej transliteracji alfabetu rosyjskiego.
12. W przypadku korzystania ze stron internetowych nie podano daty korzystania z tych stron.

8. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska stanowi istotny wkład w rozwój wiedzy na temat wiercenia otworów w stopach metali. Doktorant wykazał się niezbędną wiedzą teoretyczną w zakresie tematyki rozprawy, wykazał się też umiejętnościami zaplanowania i realizacji badań eksperymentalnych, opracowania modeli matematycznych na podstawie uzyskanych wyników badań, analizy tych wyników oraz opracowania wniosków. Zatem można stwierdzić, że Doktorant rozwiązał problem naukowy, wykazał się przy tym wystarczającym poziomem wiedzy oraz umiejętnością prowadzenia prac naukowych.

W związku z powyższym stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Mateusza Bronisia pt. „Wpływ wybranych warunków obróbki na dokładność wymiarowo kształtową i chropowatość powierzchni obrobionych otworów” spełnia wymagania wynikające z Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.) i może być podstawą do nadania stopnia naukowego doktora w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Wnioskuje o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie mgr. inż. Mateusza Bronisia do publicznej obrony.

