

## RECENZJA

### Rozprawy doktorskiej mgr inż. Michała Skrzyniarza nt.: „Wpływ wybranych warunków obróbki na strukturę geometryczną powierzchni toczonych wzdłużnie”

Promotor: dr hab. inż. Edward Miko, prof. PŚw.

Podstawa opracowania: pismo Dziekana Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej z dnia 29.10. 2018 r.

#### 1. Zakres i charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa wydana w postaci książki (bez numeru ISBN) obejmuje 126 stron, a w tym: 2 strony spisu treści, 2 str. wykazu ważniejszych oznaczeń i skrótów, 7str. spisu literatury (99 pozycji), 4 str. spisu rysunków (70 pozycji); 2 str. spisu tabel (23 pozycje) oraz po 1 str. streszczeń w języku polskim i w języku angielskim.

Praca składa się z 5 rozdziałów. W wykazie literatury jest 6 współautorskich publikacji Kandydata w tym 1 patent, co świadczy o tym, że wyniki tych prac były także poddawane publicznej ocenie.

W wykazie ważniejszych oznaczeń i skrótów jest brak jednoznaczności w niektórych oznaczeniach:

- $S_v$  – maksymalna głębokość (a nie wysokość) wgłębień powierzchni;
- $S_z$  – maksymalna wysokość wzniesień powierzchni;
- $N - P$  (a nie  $PO$ ) – układ narzędzie – przedmiot obrabiany, ponieważ w następnym wierszu jest układ  $OUPN$  (dotyczy to tego samego przedmiotu);
- brak jest w wykazie wyjaśnienia skrótu  $SGP$ ;
- $D$  – oznacza średnicę obrabianego przedmiotu, ale na s.42 „ $D$ ” odnosi się do geometrii płytki skrawającej
- w wykazie powinno się znaleźć oznaczenie osi współrzędnych  $X, Y, Z$  z określeniem orientacji współrzędnych w układzie obrabiarki.

**We wstępie** Autor przedstawia krótko genezę pracy. Odnosząc się do rozwoju obróbki skrawaniem stwierdza m. in. że: „... coraz częściej obróbka szlifierska zostaje zastąpiona operacją toczenia”.

#### Uwagi:

- s.7 – raczej falistość, a nie „błędy falistości” jest generowana przez drgania (ale czy tylko przez drgania?). Ponadto rozróżnienie „mała”, czy też „duża” amplituda jest nieprecyzyjne;
- przedostatnie zdanie na s.8 jest niewłaściwe stylistycznie, ponieważ: „... w publikacji nie prowadzi się badań...” ; można je tylko przedstawić w publikacji.

**W rozdziale 1** Doktorant skoncentrował się na analizie dotychczasowych badań z zakresu struktury geometrycznej (a ściślej wybranych profili) powierzchni uzyskiwanej w wyniku obróbki tokarskiej. Analiza ta dotyczy głównie dwóch parametrów charakteryzujących profil chropowatości, tj.: parametru wysokości chropowatości  $R_t$  oraz parametru odchylenia chropowatości od linii średniej profilu  $R_a$ . Dokonując przeglądu modeli opisujących te zależności Autor rozprawy uporządkował je wg wzrastającej liczby wielkości uwzględnianych parametrów (co jest na ogół zgodne z chronologią ich prezentowania przez różnych autorów).

#### Uwagi:

- Doktorant określa zależności na  $R_t$  oraz na  $R_a$  jako „modele do prognozowania...”. Uważam, że o modelach prognostycznych możemy mówić wówczas, jeśli będziemy je rozważać w skali czasu, przy czym czas może występować w postaci jawnej lub uwikłanej (np. poprzez przyrost wartości wskaźnika zużycia ostrza w czasie skrawania). W rozważanych przez Doktoranta przypadkach są to modele matematyczne, które są ważne w określonych zakresach zmienności wartości parametrów ujętych w tych modelach;
- współautor wzoru 7 to Strelow (a nie Sterow).

Następnie Doktorant przeprowadził obliczenia, określając je mianem „badania symulacyjne...”, zmiany wartości parametrów  $R_t$  i  $R_a$  w zależności od posuwu  $f$  dla wybranych wartości pozostałych parametrów, które są ujęte we wzorach (1 ÷ 25). Wyniki tych obliczeń zostały przedstawione na rys.1 ÷ rys.19.

**Za ważne spostrzeżenie Autora rozprawy uważam wykazanie, że nie można bezkrytycznie przyjmować informacje zawarte w publikacjach i wsparte wzorami (przykład – zależność 20 oraz rys.18), z których wynika, że parametr chropowatości  $R_a$  może mieć wartości ujemne.**

Uwaga: analizując wykresy (rys.1 ÷ rys.3) dla wartości posuwu w przedziale ok. 0,03 ÷ 0,05 mm/obr uważam, że w układzie przestrzennym:  $R_t = f(f, r_\epsilon)$  uzyskano by powierzchnię siodłową, a to między innymi dawałoby także podstawę do głębszego spojrzenia i wy tłumaczenia nieciągłości widocznych na wykresach (rys.11 ÷ rys.13 i rys.15).

Rozdział 2 kończy się siedmioma wnioskami, które jednak w większości nie zawierają odkrywczych informacji, bowiem trudno za takowe uznać stwierdzenia zawarte we wnioskach nr 1, nr 2, nr 5, nr 6. Natomiast spostrzeżenia zawarte we wnioskach nr 3, nr 4, nr 7) zwracają uwagę na celowość szerszego spojrzenia na problem kształtowania struktury geometrycznej powierzchni w procesie obróbki tokarskiej.

Uwagi:

- jaki sens ma stwierdzenie, że „... parametr minimalnej grubości warstwy skrawanej wpływa w sposób niekorzystny na chropowatość powierzchni...” (wniosek nr 3 , s.28) i czy to oznacza, że można ten wpływ ograniczyć?
- podobna uwaga odnosi się do stwierdzenia, że „... wpływ posuwu ma niekorzystny wpływ na chropowatość powierzchni (wniosek nr 6, s.28).

Kolejnym zagadnieniem, które jest ważne dla określenia warunków kształtowania struktury geometrycznej powierzchni w procesie obróbki jest znajomość minimalnej grubości  $h_{min}$  warstwy skrawanej. Po osiągnięciu wartości  $h_{min}$  rozpoczyna się proces burzenia spójności materiału (proces dekohezji). Doktorant omawia modele do obliczania wartości  $h_{min}$  prezentowane w literaturze (tab.1).

Uwagi:

- Doktorant pisze (s.29), że: „... minimalna grubość warstwy skrawanej  $h_{min}$  określa minimalną głębokość skrawania...). To stwierdzenie ma jednoznaczny sens tylko w przypadku skrawania ortogonalnego;
- stwierdzenie (s.29), że „... określa minimalną głębokość skrawania, podczas której następuje rozdzielanie warstwy materiału...” jest niewłaściwe, ponieważ minimalna grubość (czy też głębokość) jest stanem chwilowym i początkiem procesu dekohezji, zaś rozdzielanie warstwy materiału jest procesem.

We wnioskach (punkt 4) dotyczących tego podrozdziału Autor rozprawy pisze, że „... za pomocą wartości parametru  $h_{min}$  można w sposób pośredni określić stopień zużycia krawędzi skrawającej”.

Pytanie: jaki sposób postępowania proponuje Doktorant do określenia stopnia zużycia ostrza za pomocą  $h_{min}$  ?

Ważną rolę w kształtowaniu topografii powierzchni odgrywają drgania w układzie OUPN generowane w procesie skrawania. Doktorant dokonał zwięzłego przeglądu literatury z tego zakresu, zwracając uwagę na ograniczenia stosowania poszczególnych metod pomiarowych.

Uwaga: rys.25 powinien być skomentowany, gdyż w tej poglądowej postaci praktycznie jest zbędny.

Zasadnicza część własnych badań Doktoranta zawierają **rozdział 2 – rozdział 5**.

**W rozdziale 2** zostały przedstawione: tezy, cele, zakres pracy i elementy nowości w pracy.

Hipoteza 1 jest niespójna ; zdanie: „wartość posuwu powiązana jest z geometrią ostrza skrawającego” jest wprawdzie słuszne, ale jak ono się odnosi do „przedziałów posuwu”?

Hipoteza 2 ma charakter bardziej ogólny, ale czy wymienienie dwóch istotnych wielkości, tj.: promienia zaokrąglenia krawędzi skrawającej i parametrów technologicznych procesu nie pomija innych, ważnych wielkości, np. dokładności geometrycznej obrabiarki (prostoliniowości prowadnic)?

Uwaga:

- wg mnie powinno być użyte słowo „hipoteza” zamiast „teza”, bowiem teza w sensie logiczno-matematycznym jest częścią twierdzenia, które należy udowodnić na podstawie przyjętych przesłanek, przy określonych założeniach (warunkach początkowych, ograniczeniach). Natomiast hipoteza jest założeniem opartym na prawdopodobieństwie, wymagającym sprawdzenia, mającym wyjaśnić określone prawo lub zjawisko;
- elementy nowości w pracy raczej powinny się znaleźć raczej na końcu, w podsumowaniu całości dokonań.

Proponuję rozważyć sformułowanie **hipotezy pracy** w szerszym ujęciu np.: **w obróbce wiórowej istnieje charakterystyczny przedział warunków realizacji procesu, w którym formowanie wióra w wyniku procesu burzenia spójności materiału jest utrudnione, bądź niemożliwe.**

Badania zostały przeprowadzone przez Doktoranta na przykładzie obróbki tokarskiej, a ich cele (a właściwie zadania szczegółowe) zostały przedstawione na str.40. Zostały one sformułowane poprawnie z jedną tylko uwagą, a mianowicie określenie „... wartość drgań... jest niewłaściwe, ponieważ drgania są zjawiskiem opisywanym za pomocą wybranych parametrów, które przyjmują określoną wartość.

**W rozdziale 3** Doktorant przedstawił metodykę badań podając pełną charakterystykę narzędzia, obrabianego materiału oraz obrabiarki. Natomiast, wg mnie, przed przystąpieniem do prób skrawania powinna zostać pomierzona prostoliniowość prowadnic.

W podrozdziale 3.4. Autor rozprawy charakteryzuje opracowaną „autorską metodę” pomiaru minimalnej grubości warstwy skrawanej. Jej istotą jest toczenie powierzchni stożkowej o zbieżności  $C = 0,008$  oraz pomiar z zastosowaniem profilometru (*bezślizgaczowego*). Zgadzam się z Doktorantem, że jest to metoda szybsza i prostsza w porównaniu do metody stożka dzielonego, opatentowanej przed ponad 20-laty przez zespół z Politechniki Krakowskiej. Doktorant nie uwzględnił w tej analizie metody wyznaczania minimalnej grubości warstwy skrawanej z zastosowaniem sygnału emisji akustycznej w procesie frezowania wieloostrowego, opracowanej w ramach pracy doktorskiej Joanny Krajewskiej-Śpiewak (wspomniał tylko o niej w końcowym akapicie na s.31).

W podrozdziale 3.5 Autor rozprawy przedstawia stanowisko „... do badań przemieszczeń względnych w układzie narzędzie – przedmiot obrabiany podczas toczenia wzdłużnego”. Główny moduł tego stanowiska stanowi głowica do pomiaru przemieszczeń względnych. Jest to opatentowane, oryginalne rozwiązanie, którego współautorem jest Doktorant. W pracy jest podany szczegółowy opis budowy tej głowicy (wg opisu patentowego).

Uwagi:

- na s. 50 jest sformułowanie potoczne i błędne stylistycznie: „... dla szerokiego zakresu obrabianych średnic”. Powinno być: ...dla obrabianych przedmiotów o szerokim zakresie średnic;
- odwołanie do rys. 44 jest błędne (s. 50); powinno być odwołanie do rys.37;
- jak należy interpretować sformułowanie (s. 55) „... wartość wyjściowa napięcia dla poszczególnych średnic jest poniżej 1  $\mu\text{m}$ ”. Czy to oznacza, że napięcie jest mierzone w  $\mu\text{m}$ ?

**W rozdziale 4** Autor rozprawy zawarł wyniki pomiarów oraz ich analizę. W części pierwszej (podrozdział 4.1) są przedstawione wyniki badań strefy tworzenia wióra w trakcie wcinania ostrza w obrabiany materiał. Wyniki te potwierdzają trafność zaproponowanej przez Doktoranta metody badań minimalnej grubości warstwy skrawanej. Analiza tego procesu także nie budzi zastrzeżeń. Jedynie warto by poprawić czytelność opisu osi współrzędnych na wykresach - rys.44 i rys.45.

Natomiast zwraca uwagę niemonotoniczność wpływu prędkości skrawania na wartość  $h_{min}$ , (linia trendu w postaci linii prostej jest tu chyba zbyt dużym uproszczeniem) tym bardziej, jeśli zestawić ten przebieg z rys.66, na którym jest zależność odchylenia standardowego od prędkości skrawania. W obu przypadkach ekstrema tych przebiegów są w obszarze prędkości ok. 380 m/min.

#### Nasuwają się pytania:

- czy jest to tylko zbieżność przypadkowa, czy też jest ona wynikiem np. charakterystyki dynamicznej obrabiarki lub dokładności geometrycznej prowadnic ?

Wnioski (s. 66) z tej części badań sformułowane przez Autora rozprawy dobrze odzwierciedlają merytoryczną istotę uzyskanych wyników. Odnośnie do wniosku nr 7 słuszne jest stwierdzenie, że „...wzrost promienia zaokrąglenia krawędzi skrawającej będzie skutkował wzrostem parametru (a ściślej wartości parametru) minimalnej grubości warstwy skrawanej”. Natomiast zużycie ostrza w obszarze krawędzi skrawającej ma złożony charakter, przejawiający się nie tylko wzrostem promienia zaokrąglenia krawędzi i dlatego wnioskowanie pośrednie o zużyciu tej krawędzi może być obarczone znacznym błędem.

W podrozdziale 4.2 (s.67 – s.84) Doktorant przedstawił wyniki badań przemieszczeń względnych w układzie narzędzie – przedmiot obrabiany. Są one dość obszernie udokumentowane (głównie na rysunkach) i skomentowane. Wnioski zawarte na s.84 są wynikiem przeprowadzonych badań i analiz przez Doktoranta, ale warto by nieco głębiej na nie spojrzeć

#### Uwagi - pytania:

- jak jest przyjęta płaszczyzna odniesienia (poziom „0”) na rys.52 ?;
- na rys.53 i rys.54 w podpisie powinny być opisane (zdefiniowane) strefy I – IV;
- na rys.55 – rys. 64 na osi „y” jest opis „odchyłka”; należy określić czego ta odchyłka dotyczy;
- co to jest parametr odchylenia standardowego (s. 84 – wniosek 3)?;
- co może być przyczyną, że przemieszczenia względne w kierunku osi X są większe (wniosek 5)?
- do wniosku 6 należałoby dodać zastrzeżenie, że jest on słuszny „tylko w odniesieniu do zakresu przeprowadzonych badań”, a nie jako wniosek natury ogólnej;
- odnośnie do wniosku nr 7: czy przy dostatecznie sztywnym układzie OUPN będzie to możliwe?

Podrozdział 4.3 (s.85 – s.109) Doktorant przedstawił wyniki badań wpływu warunków obróbki na strukturę geometryczną powierzchni toczonej wzdłużnie. Wyniki badań zostały ujęte w tab.10 – tab.10 – tab.21. Szczegółowo zostały opisane warunki badań. Autor rozprawy komentuje wyniki badań głównie w sensie ilościowym, nie zagłębiając się w ich analizę pod kątem fizyki procesu kształtowania powierzchni obrabianego przedmiotu.

#### Uwagi:

- Doktorant wprowadza niepotrzebne i raczej potoczne sformułowania: „wartość posuwowa, zakres posuwowy”, zamiast wartość posuwu, zakres posuwów;

- na s. 95 Doktorant pisze, że: „... podczas analizy nie stwierdzono korelacji pomiędzy wartością posuwu a parametrami 3D falistości powierzchni...”. Czy o falistości powierzchni może decydować posuw ?
- na s. 95 jest błędne odwołanie się do rys. 67 ze s. 83; powinno być przywołanie rys.68, a podpis pod rys. 68 powinien być: „wpływ posuwu i promienia zaokrąglenia krawędzi skrawającej...” (a nie ostrza skrawającego).

Tę część rozprawy kończy 5 wniosków.

#### Uwagi:

- wniosek nr 1 jest oczywisty (wcześniej to już zaznaczyłem) i nie wnosi on nic nowego;
- we wniosku nr 2 jest zawarte „życzeniowe” sformułowanie, iż: „... powinna istnieć granica promienia  $r_n$ , po przekroczeniu której parametr  $R_a$  powinien wzrastać”; a jeśli on nie wzrastał, to dlaczego ?
- we wniosku nr 5 jest sformułowanie, że „... nie stwierdzono silnych korelacji...”; w kategoriach statystyki możemy potwierdzić, że korelacja występuje lub nie występuje przy założonym poziomie istotności.

**Ważny wniosek z tej części pracy jest zawarty w punkcie 3**, w którym Doktorant stwierdza m. in. że: „... w tej konfiguracji na powierzchni materiału otrzymano ślady wynikające z braku stabilności procesu formowania wióra”. Proponuję, aby np. w ramach przygotowywania publikacji mgr inż. Michał Skrzyniarz podjął próbę zastosowania teorii morfogenezy (teorii katastrof) do analizy tego zjawiska. Pewne informacje na temat zastosowania teorii katastrof w procesie formowania wióra przy obróbce stopów kobaltowych można znaleźć w publikacjach Marka Miernika z Politechniki Wrocławskiej.

W podrozdziale 4.4. Doktorant zaproponował doświadczalny model do prognozowania parametru  $R_a$  chropowatości powierzchni toczonej wzdłużnie. Jest to model będący pewną modyfikacją wcześniej opracowanego modelu przez E. Miko.

#### Uwagi:

- w opisie wariacji należało wg rys. 37 (s. 51) posłużyć się oznaczeniami zgodnie z kierunkami osi X,Y,Z - odpowiednio do analizowanych kierunków przemieszczeń, zamiast  $D_1(\xi), D_2(\xi)$ ;
- wzór 32 (s.107) jest zapisany błędnie; występuje sumowanie dwóch jednakowych wartości, a ponadto jak interpretować zapisy:  $D_1^2$  oraz  $(\xi)^2$ ;
- współczynnik  $k_{D(\xi)}$  wg wzoru 33 jest średnią wariancją przemieszczeń, a nie średnią wartością przemieszczeń.

W podsumowaniu słusznie Doktorant stwierdza, że zaproponowany model (wzór 34) ma zastosowanie tylko do prognozowania chropowatości powierzchni (trzeba by dodać, że parametru  $R_a$ ) stali X37CrMoV5-1 toczonej wzdłużnie.

Rozprawę doktorską kończą **wnioski i uwagi końcowe – rozdział 5**, z podziałem na wnioski poznawcze i utylitarne wraz z propozycją dalszych badań. Wnioski te są syntezą wcześniej sformułowanych wniosków w poszczególnych rozdziałach pracy.

#### Uwagi dotyczące wniosków poznawczych i utylitarnych:

- we wniosku nr 5 należy zapisać „stosowanie posuwu w przedziale  $f > 0$  do  $r_n$  ...”, gdyż dla  $f = 0$  skrawania nie będzie;
- wniosek nr 6 jest „przyszłościowy” i słusznie został ujęty w punkcie 7 kierunków dalszych badań.

Podsumowując tę część opracowania **stwierdzam, że mgr inż. Michał Skrzyniarz wykazał, że opanował umiejętność analizy i syntezy złożonych problemów badawczych, a tym samym potwierdził przygotowanie do podejmowania pracy naukowej.**

Uważam jednak, że powinien On zwrócić większą uwagę na formułowanie wniosków z przeprowadzonych badań. Ponadto tekst pracy wymaga zdecydowanie głębszej wnikliwości oraz staranności pod względem językowym i interpunkcyjnym (liczne niedociągnięcia zaznaczyłem w tekście i nie wyszczególniam ich w tej recenzji – przekażę je bezpośrednio Autorowi rozprawy)

**Za oryginalny wkład Doktoranta w rozwój dyscypliny „Budowa i Eksploatacja Maszyn” uznaję:**

- opracowanie autorskiej metody pomiaru minimalnej grubości warstwy skrawanej w operacji toczenia i potwierdzenie w badaniach skuteczności tej metody;
- opracowanie stanowiska do badań przemieszczeń względnych w układzie narzędzie - przedmiot obrabiany i zweryfikowanie w badaniach operacji toczenia poprawności działania tego stanowiska.

Te dwa stanowiska badawcze otwierają nowe możliwości prowadzenia eksperymentów poznawczych w zakresie obróbki wiórowej, szczególnie w odniesieniu do materiałów trudnoskrawalnych, a co jest istotne, także ukierunkowanych na zastosowania przemysłowe.

**To skrótove przedstawienie zakresu wykonanych eksperymentów przez mgr. inż. Michała Skrzyniarza upoważnia do wyrażenia opinii, że Jego wiedza i umiejętności prowadzenia badań oraz rozwiązywania złożonych problemów naukowych i inżynierskich, z możliwością ich ukierunkowania na przemysłowe zastosowania, są na poziomie będącym podstawą do wydania pozytywnej opinii.**

## **2. Ocena metodologicznej i metodycznej koncepcji rozprawy doktorskiej**

Na podstawie przedstawionej analizy rozprawy doktorskiej i rozwiązywania postawionych zadań badawczych, **metodologiczną i metodyczną koncepcję rozprawy doktorskiej oceniam pozytywnie**, albowiem zawiera ona merytoryczną analizę stanu dotychczasowych badań oraz własną propozycję Doktoranta rozwiązania postawionego problemu badawczego. Mając na uwadze, że Doktorant podejmie dalsze prace badawczo-rozwojowe z tego zakresu, proponuję wzięcie pod uwagę planów badań wieloczynnikowych, jak też modelowania np. za pomocą sieci neuronowych.

Oczekuję też, że niektóre wątpliwości przedstawione w recenzji, wyjaśni Doktorant w trakcie publicznej obrony.

## **3. Ocena końcowa rozprawy doktorskiej**

Przedstawiona rozprawa doktorska należy do ważnego i wciąż nie w pełni poznanego obszaru badawczego, związanego z kształtowaniem wyrobów za pomocą obróbki wiórowej. W szczególności odnosi się to do obróbki wykończeniowej materiałów trudnoskrawalnych.

**Opiniowana rozprawa doktorska, mieszcząca się w dyscyplinie „Budowa i Eksploatacja Maszyn” posiada oryginalne cechy nowości i w perspektywie możliwości zastosowań przemysłowych.**

Na podstawie przedstawionej opinii stwierdzam, że **rozprawa doktorska mgra inż. Michała Skrzyniarza nt.: „Wpływ wybranych warunków obróbki na strukturę geometryczną powierzchni toczonych wzdłużnie” spełnia podstawowe wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (ustawa z dnia 14 marca 2003 r., tekst ujednolicony z dnia 29 września 2014 r. wraz z późniejszymi rozporządzeniami) i wnoszę o dopuszczenie jej Autora do publicznej obrony.**

Kraków, dnia 30 grudnia 2018 r.

