

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
mgr inż. Romana Wdowika
nt. „Analiza szlifowania ceramiki korundowej i cyrkonowej ze
wspomaganiem ultradźwiękowym”.

1. Uwagi wstępne

Podstawę opracowania recenzji stanowi pismo Pana Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej, prof. dr hab. inż. Jarosława Sępa wynikające z uchwały Rady Wydziału BMiL z dnia 11 lutego 2015 roku.

Symbol pisma: RM-530-08-03/2015

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska napisana została w języku polskim na 166 stronach, składa się ze streszczeń w języku polskim i angielskim, wykazu oznaczeń i akronimów, 15 rozdziałów, bibliografii wraz z netografią oraz spisu rysunków i tabel.

W rozdziale 1 czyli wprowadzeniu Autor wskazuje przesłanki stosowane w obróbce ubytkowej procesów hybrydowych obejmujących wspomaganie ultradźwiękowe obróbki.

W rozdziale 2 charakteryzuje właściwości ceramiki korundowej i cyrkonowej.

W rozdziale 3 klasyfikuje i opisuje techniki obróbki ceramiki inżynierskiej w stanie zielonym, białym i po spiekaniu końcowym.

W rozdziale 4 omawia obszary zastosowania drgań ultradźwiękowych w procesach obróbki ścierniej oraz wskazuje na odmienne cechy obróbki ultradźwiękowo – ścierniej ścierniwem luźnym i ścierniwem spojonym.

W rozdziale 5 Autor opisuje techniki wzbudzania drgań ultradźwiękowych, parametry tych drgań oraz możliwe odmiany kinematyczne procesów szlifowania ze wspomaganie ultradźwiękowym. Podaje również uogólniony schemat oddziaływań czynników w takich procesach.

Rozdział 6 dotyczy matematycznych charakterystyk drgań pojedynczego ziarna ściernego w procesach UAG (Ultrasonic Assisted Grinding) odnoszących się do szlifowania z drganiami osiowymi ściernicy, z drganiami promieniowymi przedmiotu i z drganiami eliptycznymi przedmiotu. Ponadto w rozdziale tym zamieszczono wyniki przeglądu technologicznych warunków szlifowania UAG różnych gatunków materiałów ceramicznych.

Rozdział 7 obejmuje aż 33 strony i zawiera istotne objaśnienia różnych technik pomiarów parametrów ruchu oscylacyjnego na przykładzie materiałów ciągłych, a także przegląd efektów badań doświadczalnych jakości WW-PO wykonanych z różnego rodzaju ceramiki tlenkowej i beztlenkowej po szlifowaniu UAG. Przedstawiono w nim także opisane dotychczas w literaturze kierunkowe procesy zmian składowych siły szlifowania UAG, procesy zużycia ściernic o różnych charakterystykach i formy ich zużycia oraz możliwą do osiągnięcia dokładność wymiarowo – kształtową przedmiotów z ceramiki technicznej. Nie pominięto również wpływu PCS (płynu chłodząco – smarującego) na przebieg procesu UAG. W rozdziale 7 opisano ponadto techniki mocowania ściernic na szlifierkach do UAG i



specjalne uchwyty oraz elementarne cechy mechanizmów usuwania materiału podczas szlifowania UAG. Podano także przykłady ściernic stosowanych w procesach UAG.

Rozdział 8 poświęcono wnioskowi, wypływającemu z przeglądu literatury ukierunkowanemu na potrzeby pracy własnej.

W rozdziale 9 określono cel i zakres pracy własnej, natomiast w rozdziale 10 sformułowano naukową tezę pracy.

Rozdział 11 dysertacji Autor przeznaczył do opisu stanowiska badawczego i toru pomiarowego drgań ultradźwiękowych. Podał także wyniki badań temperatury złącza ściernicy w zależności od częstotliwości drgań i momentu mocowania ściernicy w oprawce oraz wyznaczył warunki quazirezonansu układu OUPNiP i zmiany amplitud drgań osiowych w różnych miejscach 3 odmiennych oprawek dla wybranego zakresu częstotliwości operacyjnych.

W rozdziale 12 opisano wstępne badania doświadczalne charakterystyki drgań ultradźwiękowych podczas szlifowania UAG korundowej ceramiki inżynierskiej w stanie białym z chłodzeniem i bez chłodzenia oraz stali w celach diagnostyki toru pomiarowego. Wskazano również na wyniki wcześniejszych badań Autora dotyczących procesów konstituowania się chropowatości powierzchni próbek z ceramiki cyrkonowej, różniących się twardością i porowatością pozorną oraz różnice dokładności wymiarowo – kształtowej tych próbek po obróbce.

Cały rozdział 13 poświęcono w dysertacji opisowi badań właściwych ceramiki korundowej i cyrkonowej szlifowanej w procesie UAG. Szlifowanie próbek z ceramiki korundowej i cyrkonowej potraktowano jak dwa odrębne obiekty badań. Jako zmienne wejściowe przyjęto dosuw oraz prędkość posuwu ściernicy względem PO, natomiast jako zmienne wyjściowe wybrane parametry chropowatości WW-PO mierzone, w kierunku posuwu oraz w kierunku do niego prostopadłym dla pierwszej grupy próbek po spiekaniu końcowym. Drugą grupę próbek posegregowano według twardości i porowatości pozornej. Jako zmienne wejściowe obiektu badań przyjęto w tym przypadku prędkość obrotową ściernicy i prędkości posuwu ściernicy względem PO, a jako zmienne wyjściowe składową styczną i składową normalną siły szlifowania. Trzecią grupę próbek ze wstępnie spieczonej ceramiki szlifowano w warunkach obróbki konwencjonalnej i obróbki UAG bez użycia PCS. Jako zmienne wejściowe przyjęto rodzaj ściernicy, dosuw i prędkość obrotową ściernicy, a jako zmienne wyjściowe obiektu badań stopień „zamulenia” ściernicy i zmiany jej profilu.

W rozdziale 14 na przykładzie wyników pomiarów dwóch składowych siły szlifowania ceramiki korundowej po końcowym spieczeniu Autor dysertacji opracował funkcje obiektów badań i ocenił ich adekwatność poprzez wyznaczenie współczynników determinacji.

Rozdział 15 dysertacji stanowi podsumowanie wyników pracy wraz z określeniem wynikających z niej wniosków poznawczych, użytecznych i odnoszących się do dalszych prac.

W pracy wykorzystano wyniki analizy aż 191 pozycji literaturowych i źródłowych z których większość została opublikowana w ostatnim dziesięcioleciu. Wyniki pracy zilustrowano na 100 rysunkach. Układ pracy przyjęto jako zbliżony do klasycznego.

2. Ocena tematu i zakresu pracy

Tematem pracy doktorskiej Pana mgr inż. Romana Wdowika jest analiza szlifowania ceramiki korundowej i cyrkonowej ze wspomaganie ultradźwiękowym lub językowo bardziej poprawna analiza szlifowania ze wspomaganie ultradźwiękowym ceramiki korundowej i cyrkonowej. W świetle tego, że rozwiązanie każdego problemu naukowego w dysertacji powinno obejmować także elementy jego syntezy, temat pracy uważam za



dyskusyjny i sugerujący zbyt wąski jak na pracę doktorską obszar badawczy. Moje wątpliwości potwierdza wręcz treść pracy, wykraczająca znacznie poza obszar analizy. Sądzę, że pracę tą najlepiej charakteryzował by temat „Wybrane problemy szlifowania ze wspomaganie ultradźwiękowym ceramiki korundowej i cyrkonowej” lub temat odpowiadający celowi pracy. Przyjęty przez Autora zakres pracy, zobrazowanej w uwagach wstępnych uważam za prawidłowy (z wyjątkiem badań szlifowania kształtowego) chociaż niekiedy niezbyt doprecyzowany i niezrozumiały (opracowanie przykładowych zależności modelowych). Dobór obszaru badawczego pracy uważam za w pełni uzasadniony, co wynika z dużych rozbieżności danych literaturowych dostępnych w tym obszarze.

3. Merytoryczna ocena pracy

Celem tej dysertacji było wg Autora określenie wpływu wspomaganie ultradźwiękowego na wybrane wskaźniki jakości szlifowania ceramiki korundowej i cyrkonowej w różnych stanach ich spieczenia. Występuje tu ewidentny błąd językowy, ponieważ „spieczonych wskaźników jakości” dotychczas nie widziałem. Ponadto w pracy omawiany jest wpływ warunków szlifowania UAG, a nie tylko wspomaganie ultradźwiękowego.

Sformułowanie przedstawionej na stronie 76 naukowej tezy pracy nie precyzuje dla jakich wybranych właściwości ceramiki korundowej i cyrkonowej uzyskiwanych w procesie spiekania zastosowanie wspomaganie ultradźwiękowego wpływa korzystnie na wartości przyjętych wskaźników i w stosunku do czego odnosić należy spadek wartości składowych siły szlifowania czy też zużycia ściernicy.

Lektura rozprawy nasuwa także inne uwagi krytyczne i pytania, których wyjaśnienie byłoby pomocne w ewentualnych, przyszłych publikacjach Autora:

- Str. 9,18,31, czy ceramika inżynierska rzeczywiście zaliczana jest do materiałów trudno obrabialnych czy też tylko do trudno skrawalnych? Przecież w XXI wieku możemy nawet każdą ceramikę drążyć elektroerozyjnie, pomimo, że często nie przewodzi prądu elektrycznego, co Autor potwierdził na rys. 3.1.,
- Str. 9, konwencjonalnych technik, czy technologii wytwarzania? To są dwa różne pojęcia !,
- Str. 12, mała odporność na szybkie zmiany temperatury to czynnik ograniczający szerokie zastosowanie materiałów ceramicznych. Czy można uogólnić? A ceramika azotkowa, zwana szarą?,
- Str. 21, co Autor rozumie pod pojęciem przypaleń szlifierskich ceramiki korundowej i cyrkonowej? Dlaczego stosowane są anulowane już oznaczenia składowych siły szlifowania F_n i F_t zamiast F_p i F_f ?,
- Str. 28, dowodem są nowe publikacje, oraz doktorskie projekty badawcze. Brak przywołania literatury.,
- Str. 31÷32, po co w tej pracy przytoczono wyniki badań procesów UAG dla stali, węgla krzemu i Inconelu 718?,
- Str. 39, tab. 6.1. jakie rodzaje i gatunki ceramiki szlifowano?,
- Str. 45, dlaczego technikę wyznaczania f_{us} zaprezentowano w odniesieniu do próbek z materiałów ciągliwych? Czy to jest spójne z tematem i celem pracy?,
- Str. 66, do realizacji procesu szlifowania ceramiki po końcowym spieczeniu stosowane są głównie ściernice diamentowe oraz z regularnego azotku boru. Jakie przesłanki przemawiają za stosowaniem ściernic z CBN do szlifowania ceramiki?,
- Str. 94, podjęto próbę obróbki próbki stalowej. Zastosowano ściernice trzpieniowe – diamentową oraz z regularnego azotku boru. Jakie przesłanki przemawiają za



- stosowaniem ściernic diamentowych do szlifowania stali ? Brak informacji o gatunku stali. Dlaczego użyto ściernic różnego typu ?
- Str. 96÷100, nieprecyzyjny opis metodyki badań w poszczególnych eksperymentach o charakterze badań rozpoznawczych przy dużej liczbie zmiennych wejściowych i niedopowiedzeniach w zakresie stałych warunków badań (np. liczba przejść wykończeniowych stosowana przy obróbce kolejnych powierzchni) sprawił, że część wniosków nie jest wzajemnie spójna, a część wniosków wręcz oczywista. Wnioski typu „nie stwierdzono znaczących różnic dokładności wymiarowo – kształtowej” (Str. 99) lub „trudno stwierdzić występowanie znaczących różnic” (Str. 103) powinny wynikać z analizy statystycznej różnic między dwiema średnimi wyników badań doświadczalnych, a nie tylko z intuicji Autora.,
 - Str. 100÷136, dziwi fakt, że Autor zamiast posłużyć się szkicami schematów badań i wyraźnym rozdzieleniem czynników zmiennych wejściowych, wyjściowych, czynników stałych i zakłócających próbuje metodykę badań objaśniać pobocznie. Nigdzie nie wspomina według jakiego planu eksperymentu poszczególne badania były przeprowadzone. Także liczb replikacji należy domyślać się na podstawie techniki badań i wyników. Niektóre z użytych sformułowań opisowych wręcz wprowadzają w błąd (np. wykorzystano 5 do 10 przejść z zadanymi parametrami technologicznymi – str. 101). Niezrozumiałą jest dla mnie fakt tworzenia odrębnych obiektów badań dla każdej zmiennej wyjściowej (parametrów chropowatości, składowych siły szlifowania oraz form zużycia ściernicy) zamiast zastosowania jednolitego planu badań dla wszystkich tych zmiennych. Taka strategia badań stwarza niebezpieczeństwo wystąpienia tzw w teorii eksperymentu „efektu słonia” . ,
 - Str. 137÷139, kolejne zdziwienie wywołuje u mnie decyzja Autora o tylko przykładowym podaniu wyznaczonych funkcji obiektów badań (w odniesieniu do składowych siły szlifowania). Dlaczego nie podał tak wartościowych zależności dla parametrów chropowatości powierzchni WW-PO z ceramiki korundowej i cyrkonowej, skoro dysponował odpowiednimi wynikami.² Jeżeli Autor zrezygnował ze statystycznej weryfikacji adekwatności funkcji obiektów badań przy zastosowaniu testu F-Fishera-Snedecora (prawdopodobnie z uwagi na niską liczbę replikacji w poszczególnych układach planu badań) i podjął decyzję o ocenie zgodności wyznaczonej FOB z wynikami pomiarów na podstawie błędów aproksymacji, to moim zdaniem obliczenia współczynników determinacji powinny być uzupełnione co najmniej o obliczenia maksymalnych błędów względnych. Ponieważ Autor często w tekście powołuje się na swoje wcześniejsze publikacje, nie wykluczam, że odpowiedzi, przynajmniej na część moich uwag krytycznych tam właśnie się znajdują. Niestety z całością tych publikacji nie byłem w stanie się zapoznać.

Z pełną aprobatą przyjmuję wyrażoną w podsumowaniu uwagę Autora, że uzyskane wyniki badań dotyczą tylko konkretnych warunków w jakich były one prowadzone i że nie we wszystkich obszarach wyznaczonego zakresu badań uzyskano jednoznaczne odpowiedzi. Świadczy to bowiem o naukowej uczciwości Autora, który zdał sobie sprawę ze znaczenia swoich zaniedbań w pracy.

Układ wniosków końcowych uważam za niekorzystny, ponieważ zmniejsza ich czytelność.




Do najważniejszych walorów rozprawy zaliczam:

- a) szczegółowy opis oryginalnie i samodzielnie skonfigurowanego, laboratoryjnego stanowiska badawczego, wykorzystującego zaawansowaną aparaturę, specjalistyczne narzędzia i oprzyrządowanie technologiczne oraz inne układy pomocnicze obróbki. Koncepcja konstrukcyjna tego stanowiska pozwoliła między innymi na pomiary parametrów ruchu oscylacyjnego podczas realizacji przyjętej kinematyki szlifowania UAG podczas realizacji procesu obróbki, co dotychczas nie było przedmiotem dostępnych opisów literaturowych (novum!),
- b) wykonanie bardzo szerokich badań eksperymentalnych prowadzących do określenia wpływu warunków szlifowania ze wspomaganie ultradźwiękowym ceramiki korundowej i cyrkonowej (w stanie białym i po końcowym spieczeniu) na wybrane parametry chropowatości warstwy wierzchniej powierzchni obrobionych, składowe siły szlifowania i niektóre formy zużycia ściernicy oraz przeprowadzenie częściowej analizy wyników tych badań przy bardzo dobrej ich prezentacji,
- c) opisowe odniesienie wyników powyższych badań do wyników szlifowania klasycznego w podobnych warunkach obróbki,
- d) przeprowadzenie wnikliwej analizy porównawczej otrzymanych rezultatów badań eksperymentalnych z odpowiednimi rezultatami opisanymi we współczesnej literaturze światowej.

Praca oprócz walorów poznawczych ma także walor aplikacyjny, ponieważ wyznaczone zależności i zauważone trendy mogą być z powodzeniem zastosowane przez innych użytkowników UAG przy obróbce ceramiki korundowej lub cyrkonowej na rozpowszechnionych w świecie szlifierkach typoszeregu Ultrasonic linear.

4. Wniosek końcowy

W wyniku analizy dysertacji doktorskiej Pana mgr inż. Romana Wdowika z Politechniki Rzeszowskiej stwierdzam, że pomimo wskazanych w recenzji braków i uchybień praca ta w stopniu dobrym spełnia wymagania stawiane w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku i może stanowić podstawę dopuszczenia Autora do jej obrony.


.....
/ Czesław Nizankowski/

