

Prof. nzw. dr hab. inż. Tadeusz ZABOROWSKI, dr h. c.

Politechnika Poznańska

e-mail: tadeusz.zaborowski@put.poznan.pl

tel. Kom. +48601550673

Poznań, 12 grudnia 2018 r.

W P Ł Y N Ę Ł O

dnia 18.12.2018 r.

PK/UM/02/17/302/2018

RECENZJA

rozprawy doktorskiej

mgr inż. Seweryna Kierasia

pt. Badania wpływu zintegrowanej metody chłodzenia strefy obróbki zimnym powietrzem i jej odśrodkowego smarowania aerozolem olejowym na przebieg i wyniki procesu szlifowania walcowych powierzchni wewnętrznych

1. Uwagi ogólne

Przedstawiona rozprawa doktorska mgr inż. Seweryna Kierasia poświęcona jest zintegrowanej metodzie chłodzenia i smarowania podczas szlifowania walcowych powierzchni wewnętrznych. Praca zawiera wyniki badań autora, które obejmują analizę teoretyczną przedstawionego problemu, hipotezy, cele problemy badawcze, założenia innowacyjnej metody chłodzenia i smarowania szlifowanej strefy, badania i analizy symulacyjne oraz badania doświadczalne a także wnioski. Praca doktorska powstała na Wydziale Mechanicznym Politechniki Koszalińskiej, zaś jej promotorem jest prof. PK dr hab. inż. Krzysztof Nadolny.

Przedstawiona rozprawa mieści się w dyscyplinie naukowej budowa i eksploatacja maszyn (aktualnie: inżynieria mechaniczna – wg rozporządzenia MNiSW z dnia 25.09.2018 r., pkt 2, poz. 8 załącznika – Dz.U.2018.1818) i można ją zaliczyć do nurtu rozwoju współczesnych technologii.

2. Zakres rozprawy

Rozprawa doktorska zawarta jest na 224 stronach, składa się z siedmiu rozdziałów, wykazu ważniejszych symboli i akronimów, spisu rysunków (132), spisu tablic (29), bibliografii i streszczeń. Bibliografia zawiera 175 pozycji literaturowych z czego 86 tytułów jest obcojęzycznych.

Szlifowanie jest procesem złożonym, gdyż mamy do czynienia z jego dynamiką wskutek wzajemnego oddziaływania na siebie układu o-u-p-n oraz płynem chłodząco-smarującym, który z jednej strony chłodzi strefę obróbki a z drugiej ją smaruje prowadząc do powstania w tej strefie do przepływu ciepła i podziału energii, co trafnie dostrzegł doktorant. Z tego względu badanie wpływu zintegrowanej metody chłodzenia na przebieg i wyniki procesu szlifowania ma ważne znaczenie. Problem tkwi we właściwym doborze zintegrowanej metody chłodzenia i ocenie jej skuteczności na wyniki procesu szlifowania. Na uwadze należy mieć jednak wieloczynnikowe aspekty

występujące w procesie szlifowania, gdyż nie tylko różne metody chłodzenia i smarowania zostały zastosowane, ale materiał poddawany obróbce był ten sam, czyli stal 100Cr6 (zwana łożyskową) która ma w swoim składzie chemicznym zawiera m.in. 0,95-1,1% C, Cr – 1,30-1,65%.

W strefie skrawania podczas szlifowania powstają znaczne temperatury chwilowe od 150-980°C a w niektórych przypadkach nawet wyższe. Oczywiście PCS zmniejsza temperaturę, ale przenosi w tą strefę produkty szlifowania, które zaburzają ten proces. Zatem mamy do czynienia nie tylko ze zjawiskami fizycznymi, ale i chemicznymi w tym procesie. Stąd słusznie autor postąpił poddając analizie bogatą literaturę uwzględniając w niej dotychczasowe wyniki badań PCS.

Poddana badaniom stal należy do niskostopowych w której pod wpływem temperatury zachodzą przemiany eutektoidalne, zaś występujące pierwiastki należy zaliczyć w części do austenitotwórczych (Mn, Ni) i ferrytotwórczych (Cr, Si). Jest to ważne, gdyż wskutek powstawanie chwilowych wysokich temperatur w strefie szlifowania może dochodzić do zmian w strukturze materiału (wtórne hartowanie, przemiany itp.). Dlatego warto zwrócić uwagę na istotę zanieczyszczeń w strefie skrawania spowodowanych przedostawaniem się produktów szlifowania. Rację ma autor pisząc, że proces szlifowania wiąże się ze znaczącym zwiększeniem wartości temperatury w strefie obróbki. Proces ten w rzeczywistości prowadzi do różnego rodzaju zaburzeń, które są niekorzystne z punktu widzenia jakości uzyskanej powierzchni. Nie wystarczy tylko odpowiednia ilość PCS, ale także niezbędna jest jego odpowiednia czystość. Dlatego należałoby eliminować z PCS cząstki procesu szlifowania o wielkości większej niż 30 µm.

W analizowanej literaturze autor wskazał na różnorodne aspekty stosowania PCS związane nie tylko i ilością, ale także z różnorodnością rozwiązań technicznych. W sposób należyty omówiono rodzaje PCS stosowane w procesach szlifowania oraz szczegółowo opisane zostały metody doprowadzania PCS do strefy szlifowania (obróbki). Omówiono także metody minimalizowania wydatku PCS oraz związanego z tym smarowania strefy obróbki.

Określone przez autora cele, problemy, hipotezy i zakres badań a także przyjęta metodyka badań wskazują na rzetelne rozeznanie rozważanych zagadnień i wskazują na wybranie właściwego kierunku badań.

Podkreślenia wymaga fakt, iż prezentowani w literaturze autorzy nie zajmowali się integracją metod chłodzenia i smarowania a także ich wpływem na przebieg procesu szlifowania. Z tego względu przyjęta przez autora metodyka badań zasługuje na szczególne podkreślenie:

- autorskich metod integracji chłodzenia i smarowania w procesie szlifowania wewnętrznych powierzchni walcowych,
- badań symulacyjnych PCS w procesie szlifowania.

3. Ocena merytoryczna

Autor racjonalnie postąpił realizując badania symulacyjne przepływu PCS w procesie szlifowania walcowych powierzchni wewnętrznych. W sposób przejrzysty zostały przedstawione założenia przeprowadzenia badań symulacyjnych (tabela 7, s. 97) oraz cel tych badań.

Autor dokładnie opisuje charakterystykę geometrycznego modelu symulowania układu wskazując na zastosowanie programu ANSYS, MES i AUTODESK (s.98-100). Dyskretyzacja modelu geometrycznego jest poprawna (s. 101) a zestawienie parametrów siatki elementów skończonych właściwe (tabela 8, s.102). Warunki przebiegu symulacji są właściwe a ogólne ustawienia właściwości symulacji (tabela 16, s. 110) nie budzą wątpliwości. Przedstawione modele matematyczne zastosowane w symulacji, wyniki badań symulacyjnych i analiza wyników badań symulacyjnych są opracowane należycie. Zawarte wnioski z badań symulacyjnych umożliwiły autorowi właściwy wybór przepływu PCS i wymiany ciepła w strefie obróbki.

Badania doświadczalne procesu szlifowania z zastosowaniem innowacyjnej metody chłodzenia i smarowania strefy obróbki (zintegrowana metoda) zawierają cel badań doświadczalnych, charakterystykę stanowiska badawczego, charakterystykę systemów pomiarowych, metodykę badań doświadczalnych, wyniki badań doświadczalnych i ich analizę.

Słusznie autor przyjął w założeniach badań doświadczalnych, iż będzie określał wpływ zintegrowanej metody (innowacyjnej) na przebieg i wyniki procesu szlifowania walcowych powierzchni wewnętrznych dla stali 100Cr6. Natomiast nie wyjaśnia autor co rozumie przez zwrot wariant najkorzystniejszy (s. 83), z jakiego punktu widzenia?

Stanowisko przyjęte do prowadzenia badań jest szczegółowo opisane (rys. 95, s. 145) choć pominięty został w opisie proces czyszczenia PCS w procesie szlifowania. Poprawnie zostały także opisane stanowiska pomiarowe (rys. 96, s. 146; rys. 97, s.147; tabela 24, s.148; rys. 98, s. 149; tabela 25, s.150, rys. 99, s.150; tabela 26, s.151, rys. 100, s.152; rys. 101, s.152; tabela 27, s. 153, rys. 102, s. 154; tabela 28, s. 155). Niestety autor nie przewidział badań metalograficznych powierzchni po szlifowaniu i badań mikrotwardości powierzchni po szlifowaniu. Szczegółowo zostały przedstawione także warunki szlifowania (tabela 29, s. 159).

Przedstawione wyniki badań prezentują ocenę efektywności procesu szlifowania dla pięciu odmian procesu (rys. 105, s. 160) co do wartości mocy szlifowania dla różnych metod PCS.

Ocena warunków termicznych procesu szlifowania poprzez dokonanie pomiarów termowizyjnych wykazała, że temperatura w strefie obróbki wynosi od 40-250°C, natomiast ocena wysokości chropowatości powierzchni po szlifowaniu wykazała przewagę zintegrowanej metody nad innymi. Badania naprężeń w warstwie wierzchniej wykazały, że wartość naprężeń jest większa (naprężenia rozciągające) przy zastosowaniu zintegrowanej metody niż w innych przypadkach. Świadczy to o znaczącym wpływie ciepła w strefie obróbki i niedostatecznym jej chłodzeniu.

Ponadto wątpliwości budzi sposób cięcia pierścienia, gdyż o tym autor nie pisze oraz czas oczekiwania na pomiar wartości naprężeń od momentu zakończenia szlifowania do momentu pierwszego pomiaru wartości naprężeń.

Ocena stanu czynnego powierzchni ściernicy po szlifowaniu potwierdziła, że metoda zalewowa jest skuteczniejsza od innych metod. Wątpliwości związane z oceną CPS budzi brak informacji związanej z czystością PCS. Zawarta analiza tego stanu jest interesująca i wskazuje na zależność od zastosowanych metod chłodzenia.

Pominięta została kwestia drgań wrzeciona obrabiarki, na której prowadzono badania.

Mimo tych wątpliwości wyniki badań zostały opracowane poprawnie a badania realizowano zgodnie z przyjętą metodą.

Przeprowadzona także została analiza obrazów mikroskopowych CPS oraz stopnia zalepiania CPS.

Obecnie nie ma pewności jak oddziaływały różnorodne czynniki (np. obrabiarka – brak badania drgań wrzeciona itp.) w procesie szlifowania przy zastosowaniu różnych metod i metody zintegrowanej w związku z tym, że nie wiadomo, jak ściernica była wyrównoważona, bo przecież zużywa się jej CPS po każdym przejściu podczas szlifowania.

W zasadzie można stwierdzić, że badania zostały zrealizowane na dobrym poziomie naukowym. Autor podjął się trudnego zadania, gdyż musiał ocenić poszczególne metody w tym metodę zintegrowaną (innowacyjną) poprzez pryzmat PCS, PO i CPS i określić skuteczność badanych metod.

4. Uwagi dyskusyjne

- ściernice zastosowane w badaniach nie były wyrównoważone (wyważone),
- nie podano czy PCS był oczyszczany czy nie i jakie zastosowano rozwiązania,
- zastosowaną obrabiarkę nie poddano badaniom a w szczególności nie poddano badaniom wrzeciono obrabiarki, dlatego nie wiadomo jaka jest amplituda drgań,
- wątpliwości budzi przygotowanie pierścienia do badań, a mianowicie warunki przecinania, czas pomiaru naprężeń od chwili zakończenia szlifowania do chwili pomiaru naprężeń, sposób przemieszczania pierścienia do stanowiska pomiarowego,
- nie jest znana sztywność układu o-u-p-n,
- jaka jest przyczyna braku badań mikroskopowych PO, chodzi o zmiany struktury w warstwie wierzchniej materiału po różnych metodach stosowania PCS,
- czy świadomie pominięto badania mikrotwardości PO po szlifowaniu różnymi metodami PCS,



- czy brało pod uwagę wpływ zawartości węgla (0,95-1,1%) i chromu (1,3-1,65%) w materiale i ich znaczenie dla przemian w warstwie wierzchniej PO w związku z występującą temperaturą w strefie szlifowania.

5. Podsumowanie i wniosek końcowy

Niezależnie od przedstawionych wyżej uwag, należy stwierdzić, iż przedstawiona do recenzji rozprawa zawiera istotne aspekty poznawcze i uytylitarne.

Do istotnych osiągnięć Doktoranta zaliczyć należy:

- zintegrowaną metodę chłodzenia strefy obróbki zimnym powietrzem i jej odśrodkowego smarowania aerozolem olejowym,
- ocenę zjawisk zużycia CPS, zalepiania i wpływu na nie metod chłodzenia,
- ocenę stanu wysokości chropowatości szlifowanej powierzchni PO,
- ustalenie wartości naprężeń własnych w PO po szlifowaniu z zastosowaniem różnych metod PCS,
- zastosowanie metod symulacyjnych do analizy zastosowanych metod chłodzenia strefy obróbki,
- sformułowanie wniosków wynikających ze zrealizowanych badań umożliwiających prowadzenie dalszych badań związanych z kształtowaniem warstwy wierzchniej szlifowanych powierzchni.

Można zatem stwierdzić, że Doktorant rozwiązał problem wpływu zintegrowanej metody chłodzenia strefy obróbki zimnym powietrzem i jej odśrodkowego smarowania aerozolem olejowym na przebieg i wyniki procesu szlifowania walcowych powierzchni wewnętrznych. Po zapoznaniu się z treścią recenzowanej rozprawy stwierdzam, że stanowi ona istotny przyczynek do dalszych badań naukowych tego złożonego procesu.

Przedstawione w recenzji uwagi mają znaczenie porządkujące stanowiąc w niektórych jej fragmentach wymianę poglądów z Doktorantem.

Uważam, że przedstawiona do oceny praca mgr inż. Seweryna Kierasia pt. *Badania wpływu zintegrowanej metody chłodzenia strefy obróbki zimnym powietrzem i jej odśrodkowego smarowania aerozolem olejowym na przebieg i wyniki procesu szlifowania walcowych powierzchni wewnętrznych*, spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Wydziału Mechanicznego Politechniki Koszalińskiej.

