Prof. dr hab. inż. Andrzej Sokołowski
Katedra Budowy Maszyn
Wydział Mechaniczny Technologiczny
Politechnika Śląska

Gliwice 21.08.2017r.

Recenzja
rozprawy doktorskiej
mgr inż. Pawła LISIAKA

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Pawła Lisiaka pt. „Nowa technologia obróbki rowków pod pierścienie oraz powierzchni walcowych tłoków silników samochodów osobowych". Promotorem przewodu doktorskiego jest dr hab. inż. Paweł Twardowski, Prof. nadzw. Politechnik Poznańskiej, a promotorem pomocniczym dr inż. Szymon Wojciechowski.

Recenzję opracowano na zlecenie Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej dr hab. inż. Olafa Ciszaka z dnia 12.07.2017r.

1. Tematyka i cel oraz tezy (hipotezy) rozprawy

Przedmiotem recenzowanej rozprawy doktorskiej było opracowanie nowej technologii obróbki rowków pod pierścienie oraz powierzchni walcowych tłoków silników samochodów osobowych. Z założenia, opracowanie nowej technologii ma na celu poprawę jakości gotowych wyrobów i powinno przynieść wymierne efekty ekonomiczne. Przyjąć można, że już powyższe stwierdzenia uzasadniają celowość podjęcia tematyki wynikającej z tytułu rozprawy i uwypuklają istotność tej tematyki w świetle praktycznych zastosowań. Dodać należy, że nowa technologia powinna również poprawić bezpieczeństwo użytkowania samochodów osobowych.

Przedstawione w rozprawie badania dotyczą jednoznacznie wskazanego przez Autora wyrobu (tłoka) produkowanego w firmie Mahle Polska. Do tej pory firma Mahle stosowała we wkładce żeliwnej tłoka rowki o szerokości 1,2 mm. Ze względu na wymogi rynku podjęto natomiast próby stosowania rowków o szerokości 1 mm. Podjęte próby obróbki takich rowków wykazały jednak, że dokładność wymiarowo - kształtowa nie była zadowalająca. Ponadto ujawniły się przypadki zerwań połączeń międzymetalicznych pomiędzy wkładką i korpusem tłoka. Wyżej wspomniane wady występowały w sposób losowy, co zdecydowanie utrudniało podjęcie skutecznych prób rozwiązania tego problemu. Powtórnie uzasadnia to celowość podjęcia wyżej zasygnalizowanej tematyki tym bardziej, że jak sygnalizuje Autor, dotychczas przeprowadzono relatywnie niewiele badań obejmujących optymalizację obróbki

ubytkowej żeliwa i stopów aluminium z jednoczesnym uwzględnieniem aspektów wydajnościowych, dynamicznych i jakościowych.

Recenzowana praca ma charakter technologiczno – wdrożeniowy. Taki charakter rozprawy wyraźnie wpisuje się w obecnie promowany nurt doktoratów wdrożeniowych. Niemniej jednak zaznaczyć należy, że gros wątków podjętych w rozprawie odzwierciedla podejścia stosowane w przypadku klasycznych doktoratów naukowo – badawczych.

Przytaczając za Autorem, celem rozprawy było:

„Opracowanie technologii obróbki rowków pod pierścienie tłokowe we wkładkach żeliwnych oraz opracowanie nowej technologii obróbki powierzchni walcowych tłoków silników samochodów osobowych niepowodującej zrywania wiązań międzymetalicznych pomiędzy żeliwną wkładką a korpusem tłoka wykonanego ze stopu aluminium".

Cel rozprawy zdefiniowano wyraźnie i jednoznacznie. Zasygnalizować jednak należy, że w celu pracy nawiązuje się jedynie do zerwań wiązań międzymetalicznych i nie uwzględnia się innych wielkości kryterialnych szeroko dyskutowanych w recenzowanej rozprawie (chropowatości i falistości powierzchni obrobionych czy też stabilności obróbki).

Natomiast hipotezy rozprawy (uważam, że to są tezy) Autor sformułował następująco:

„Możliwy jest taki dobór parametrów obróbki i geometrii ostrza, który zapewni wymaganą jakość powierzchni rowków pod pierścienie o szerokości 1 mm w określonym czasie";

„Możliwy jest taki dobór parametrów obróbki powierzchni walcowej tłoków w wymaganym czasie, który nie będzie powodował zrywania wiązań międzymetalicznych pomiędzy żeliwną wkładką a korpusem tłoka wykonanego ze stopu aluminium"

oraz

„Skrócenie czasu obróbki powierzchni walcowej tłoków i rowków pod pierścienie ma istotne znaczenie w dążeniu do skrócenia taktu linii produkcyjnej".

Teza pierwsza i druga mogą być mylnie interpretowane ze względu na styl, a konkretnie, umiejscowienie wyrażeń „w określonym czasie" i „w wymaganym czasie". Czytając tezy pracy można dojść do wniosku, że Autor zajmował się czasem doboru parametrów obróbki a nie czasem obróbki. Do tezy trzeciej odniosę się w dalszej części recenzji.

2. Ogólna ocena treści, układu i zakresu rozprawy

Rozprawa liczy 152 strony i składa się z wprowadzenia, 7 zasadniczych rozdziałów oraz spisu treści w języku polskim, streszczenia w języku angielskim, wykazu

ważniejszych oznaczeń i spisu pozycji literaturowych. Spis literatury obejmuje 146 pozycji.

We wprowadzeniu do rozprawy Autor opisał podjęte przez Niego zagadnienie i krótko scharakteryzował jego istotę. Uwypuklił również wymogi, jakie należy spełnić, aby nowa technologia miała możliwość praktycznego zastosowania. W tym miejscu Autor zwrócił szczególną uwagę na funkcje, jakie spełniają pierścienie tłokowe i żeliwna wkładka zatopiona w aluminiowym tłoku.

W rozdziale 1 przeprowadzono dyskusję aktualnego stanu podjętego zagadnienia. W pierwszej części rozdziału Autor przedstawił kierunki rozwoju konstrukcji tłoków silników samochodów osobowych oraz szczegółowo opisał funkcje poszczególnych pierścieni tłokowych. W podsumowaniu tej części Autor uwypukla trzy główne kierunki rozwoju odnoszące się do materiału konstrukcyjnego tłoka, konstrukcji części pierścieniowej i modyfikacji konstrukcji tzw. denka tłoka. Następnie dokonał analizy skrawalności materiałów stosowanych na tłoki silników samochodów osobowych. Korpusy tłoków silników spalinowych wykonane są głównie ze stopów silumin (Al-Si), natomiast wkładki pod pierścienie z żeliwa sferoidalnego. Znajomość skrawalności stosowanych materiałów umożliwia dobór efektywnych parametrów obróbkowych zapewniających uzyskanie pożądanych efektów technologicznych i ekonomicznych. W dalszej części rozdziału Autor przeprowadził analizę stabilności dynamicznej toczenia, koncentrując się na związkach przyczynowo-skutkowych pomiędzy drganiami samowzbudnymi a błędami geometrycznymi toczonych rowków oraz powstawaniu wad połączeń międzymetalicznych. W końcowej części rozdziału przedstawiono metody optymalizacji stosowane w obróbce skrawaniem oraz dokonano podsumowania przeglądu literatury.

W rozdziale 2 (Badania wstępne), na podstawie danych z firmy Mahle przedstawiono analizę procesu technologicznego tłoka. W oparciu o tę analizę wskazano parametry krytyczne podlegające kontroli jakości. Do parametrów krytycznych zaliczono falistość i chropowatość powierzchni rowka we wkładce żeliwnej pod pierścienie tłokowe oraz wiązania międzymetaliczne pomiędzy aluminiowym tłokiem i żeliwną wkładką. Dla obu tych przypadków podano wartości graniczne (dopuszczalne) rozpatrywanych parametrów.

W kolejnym rozdziale (rozdział 3), Autor sformułował cel pracy oraz przyjęte hipotezy / tezy, które przytoczyłem w pierwszej części recenzji wraz z wybranymi komentarzami. Następnie przedstawił zadania szczegółowe do zrealizowania w ramach pracy. Wskazał, między innymi, na propozycje zmian w technologii obróbki tłoków oraz zakres badań zasadniczych i weryfikacyjnych.

W rozdziale 4 (Propozycje zmian w technologii obróbki rowków i powierzchni walcowych tłoka) zaproponowano, co należy zmienić, a raczej, co można by zmienić w procesie obróbki rowka pod pierścienie tłokowe oraz w procesie obróbki powierzchni walcowych tłoka w celu wyeliminowania zerwań połączeń międzymetalicznych pomiędzy żeliwną wkładką a korpusem tłoka.

W następnym rozdziale (rozdział 5) scharakteryzowano badania doświadczalne procesu obróbki rowków i powierzchni walcowych tłoków przeprowadzone w

warunkach laboratoryjnych jak i w firmie Mahle. W pierwszej kolejności Autor zaprezentował wyniki pomiaru i analizy siły skrawania oraz drgań podczas nacinania rowka we wkładce żeliwnej. Dane te posłużyły do zdefiniowania nowych parametrów skrawania gwarantujących spełnienie założonych kryteriów. Przedstawione w kolejnym kroku pomiary i analizy siły skrawania oraz drgań podczas toczenia wzdłużnego powierzchni walcowej tłoka miały na celu wyznaczenie maksymalnych parametrów gwarantujących zachowanie wiązań międzymetalicznych pomiędzy żeliwną wkładka a korpusem tłoka wykonanym ze stopu aluminium. W dalszej części rozdziału Autor przedstawił analizę trwałości ostrzy oraz optymalizację parametrów toczenia. Badania obejmowały dobór prędkości skrawania i posuwu, umożliwiających poprawę efektów ekonomicznych obróbki. W przypadku toczenia rowków pod pierścienie tłokowe przeprowadzono optymalizację procesu ze względu na trwałość ostrza, mającą na celu minimalizację kosztów jednostkowych oraz maksymalizację wydajności obróbki. Przeprowadzono również optymalizację ze względu na minimalizację oddziaływań siłowych w strefie skrawania. W przypadku toczenia powierzchni walcowej tłoków wykonano badania mające na celu optymalizację procesu stabilnego toczenia tej powierzchni. Badania te obejmowały dobór parametrów skrawania umożliwiających poprawę efektów ekonomicznych, a także zapewnienie stabilności procesu toczenia. Podobnie jak wyżej, przyjętym kryterium optymalizacji był koszt jednostkowy oraz wydajność toczenia powierzchni walcowej tłoków. Efektem końcowym było wyznaczenie ekonomicznej v_{ce} i wydajnościowej v_{cw} prędkości skrawania. Przytaczając za Autorem, obróbka powierzchni bocznych tłoków w zakresie optymalnych parametrów umożliwiła zmniejszenie kosztów jednostkowych zabiegu o około 7% oraz zwiększenie wydajności produkcji o około 49% w stosunku do stanu aktualnego.

W rozdziale 6, bardzo istotnym dla całej rozprawy, opisano weryfikację nowej technologii w warunkach przemysłowych. W pierwszym etapie wytypowano trzy obrabiarki i wyznaczono odpowiednie wskaźniki sztywności. Stwierdzono, że układ nóż tokarski – przedmiot obrabiany jest bardziej sztywny od układu imak specjalny – przedmiot obrabiany. Następnie wyznaczono wartości wskaźników sztywności dla zróżnicowanego wysięgu oraz przekroju trzonka noża. Wykazano, że dla głębokości a_p = 0,8 mm, wysięgu L = 20 mm i przekrój trzonka noża 60×30 mm proces toczenia przebiegał stabilnie i nie wystąpiły zerwania międzymetaliczne. W kolejnym etapie badań doktorant przeprowadził analizy nacinania rowka z zastosowaniem specjalnego imaka narzędziowego. Stwierdzono, że we wszystkich zbadanych przypadkach nie odnotowano występowania zerwań połączeń międzymetalicznych. Następnym etapem była weryfikacja geometrii ostrza skrawającego, w której jako kryterium oceny Autor przyjął uzyskanie zadowalającej chropowatości i falistości na górnej i dolnej płaszczyźnie rowka. Następnie dokonano weryfikacji przyjętych założeń (wartości) w trakcie produkcji. Ostatecznie przedstawiono ciekawą koncepcję układu diagnostycznego. Układ dedykowany jest identyfikacji niepożądanego skrawania wkładki żeliwnej podczas obróbki powierzchni walcowej tłoków.

Podsumowanie rozprawy stanowi rozdział 7, w którym Autor sformułował 8 wniosków z przeprowadzonych badań, podał dwa wnioski ogólne oraz określił kierunki dalszych badań.

Ogólnie pozytywnie oceniam kompozycję rozprawy. Autor poprawnie przyjął kolejność rozdziałów i odpowiednio podzielił treść rozprawy na rozdziały. Niemniej jednak niektóre podrozdziały są zbyt obszerne i zawierają zasadniczo zróżnicowane informacje – takie podrozdziały można było podzielić, co ułatwiłoby analizy przedstawianego materiału (np. podrozdział 5.1 zawierający wyniki badań doświadczalnych i badań z zastosowaniem metody elementów skończonych oraz analogicznie podrozdział 5.2).

Rozprawę napisano zrozumiałym i czytelnym językiem oraz poddano starannej korekcie edytorskiej (dostrzegłem jedynie pojedyncze błędy, tzw. literówki). Dobrze opracowano materiał ilustracyjny w postaci rysunków i tabel. Wątpliwości budzą natomiast niektóre z wyrażeń technicznych (a raczej nietechnicznych) stosowanych przez Autora. W rozprawie notorycznie pojawiają się wyrażenia typu „... wyniki dotyczące sił i drgań ...", „... wyniki sztywności ...", „... wyniki drgań ..." (wyniki pomiarów \ badań \ analiz odpowiedniej wielkości ?). Nieporozumieniem są wyrażenia „... siły wspierające są wypadkową korbowodu ...", „... wysokość poziomu temperatury ..." czy też „... częstotliwość dominującej mody układu OUPN ...". Pewne zastrzeżenia można mieć także do obszerności pracy. O obszerności recenzowanej rozprawy nie decyduje jedynie obszerny zakres przeprowadzonych badań i analiz, ale również ujawniające się powtórzenia i zbędnie, moim zdaniem, przytaczany materiał ilustracyjny i komentarzowy. Przykładowo : str. 69 przytoczenie dosyć oczywistego komentarza do badań ultradźwiękowych, niewiele wnoszący rys. 2.18 tłoka nastawczego wraz z kartą pomiarową, rys. 2.26 (str. 76) nie wnosi nic nowego w stosunku do rys. 2.12 i rys. 2.13 (przykłady prawidłowych i nieprawidłowych połączeń międzymetalicznych), pojawiająca się w wielu miejscach pracy informacja o możliwym negatywnym wpływie usztywnienia układu na rezultaty obróbki, str. 110 – powtórzenia opisu założeń optymalizacji, str. 111 – przedstawiono rys. 5.56 w pełni analogiczny do rys. 1.42, powtórzone rysunki rys. 2.10 i 6.17.

<u>Podsumowując ocenę ogólną chciałbym wskazać na zalety recenzowanej rozprawy stanowiące jednocześnie osiągnięcia jej Autora:</u>

- przeprowadzenie bardzo szeroko zakrojonych badań doświadczalnych, w ramach których zrealizowano pomiary składowych siły skrawania, pomiary przyspieszeń drgań a także pomiary metrologiczne ze szczególnym uwzględnieniem pomiarów chropowatości i falistości wybranych powierzchni;
- wielowątkowe podejście do rozpatrywanego problemu poprzez podjęcie nie tylko badań doświadczalnych, ale również wybranych badań modelowych z zastosowaniem metody elementów skończonych;
- opracowanie oraz wstępne przetestowanie układu diagnostycznego pozwalającego na identyfikację skrawania wkładki żeliwnej podczas obróbki korpusu tłoka.

Ostatecznie :

- opracowanie i zweryfikowanie w warunkach przemysłowych efektywnej technologii skrawania rowków pod pierścienie tłokowe oraz technologii toczenia korpusu tłoka silnika samochodowego. Efektywność opracowanych technologii przejawia się zmniejszeniem chropowatość powierzchni obrobionej rowków oraz zmniejszeniem poziom drgań o ponad 20% a także zwiększeniem prędkości skrawania o 33% w przypadku toczenia rowków oraz o 23% w przypadku toczenia powierzchni walcowej tłoka.

3. Uwagi do recenzowanej rozprawy

W poniższej części recenzji przedstawiam uwagi ogólne i szczegółowe oraz fragmenty rozprawy wymagające dodatkowych komentarzy lub wyjaśnień. W wielu przypadkach uwagi mają raczej charakter pytań skierowanych do Autora niż stwierdzeń błędów lub niedociągnięć.

Uwagi ogólne

- **problem nieścisłości ujawniających się w opisach parametrów skrawania stosowanych podczas toczenia rowków we wkładce żeliwnej.** Na str. 81 (tab. 5.2) podano parametry skrawania stosowane w firmie Mahle Polska podczas obróbki rowków przed zmianą technologii f=0,04 mm/obr i v_C=100 m/min. Następnie, na str. 92, po badaniach i analizach stwierdzono, że można zastosować f=0,11 mm/obr i v_C=192 m/min. W kolejnych etapach prac badawczych przyjęto posuw f=0,05 mm/obr (str. 100 - badania trwałości ostrzy) a optymalizując wartość posuwu stosowano prędkość skrawania v_C=122 m/min (str. 105, tab. 5.5). Na str. 108 ponownie podaje się aktualnie stosowaną w przedsiębiorstwie prędkość skrawania, ale tym razem o wartości v_C=140 m/min. Na str. 109 podano, że ekonomiczna prędkość skrawania wynosi v_C=230 m/min i następnie, podsumowując proponowane zmiany technologii, przyjęto ostatecznie (str. 116) v_C=130 m/min i f=0,07 mm/obr. Niemniej jednak, weryfikacyjne badania zużycia ostrza zrealizowano z prędkością skrawania v_C=143 m/min (str. 134).

Uważam, że śledzenie zmian wartości parametrów skrawania i dociekanie ich przyczyn bez dodatkowego komentarza może być zdecydowanie kłopotliwe i prowadzić do nieporozumień.

Podobne przypadki, lecz w zdecydowanie mniejszym wymiarze, ujawniają się analizując parametry skrawania stosowane podczas toczenia powierzchni walcowej tłoka. Przykładowo, w zaproponowanej technologii przyjęto f=0,8 mm/obr i v_C=600 m/min. Natomiast wizualizując istotę układu diagnostycznego przedstawiono wyniki pomiarów realizowanych podczas skrawania z posuwem f=0,6 mm, a głębokość skrawania wynosiła 0,5 mm, co nie odpowiada wcześniej zweryfikowanej a_P=0,8 mm.

- **Problem zrywania połączeń międzymetalicznych.** W wielu miejscach rozprawy stwierdza się (np. str. 93 lub str. 96), że zerwanie wiązań metalicznych pomiędzy

żeliwną wkładką a aluminiowym korpusem tłoka następuje w przypadku skrawania wkładki podczas obróbki powierzchni walcowej (przyczyna: niewłaściwe wartości naddatków obróbczych ?). Czy zerwania wiązań mogą być spowodowane również przez inne przyczyny (drgania samowzbudne, toczenie rowka) ? Wykluczam wpływ odkształceń (naprężeń) termicznych, ponieważ te występują podczas pracy tłoka w cylindrze. W tym świetle jak interpretować 5 wniosek Autora (str. 143) stwierdzający, że wprowadzone zmiany w technologii obróbki wyeliminowały w 98% zrywanie połączeń międzymetalicznych pomiędzy żeliwną wkładką a aluminiowym korpusem tłoka. Czy zaproponowane zmiany, czyli głównie zmiany w parametrach skrawania, miały rzeczywiście tak korzystny wpływ na niewystępowanie zrywania połączeń ? Poprawniejsze byłoby stwierdzenie (zob. komentarz na str. 141), że zaproponowany system pośredniej kontroli zerwań międzymetalicznych, tj. układ diagnostyczny rozpoznający skrawanie wkładki żeliwnej poprzez analizę poziomu drgań, umożliwia wskazanie przedmiotów obrabianych, w których mogło wystąpić zerwanie wiązań (?). **Dyskusyjna uwaga uzupełniająca** dotycząca systemu diagnostycznego : czy możliwe jest zastąpienie pośredniego (pomiar drgań) układu diagnostycznego działającego on-line układem off-line dokonującym pomiaru wartości naddatków i eliminującym tłoki wadliwie przygotowane do obróbki ?

- **Teza 3 rozprawy.** Teza ta została potraktowana dosyć marginalnie w całej pracy. Aby tę tezę udowodnić należałoby przeanalizować czasy poszczególnych operacji (zabiegów) całego procesu obróbki tłoków i wykazać, że obróbka powierzchni walcowej i rowków pod pierścienie stanowi tzw. wąskie gardło w pracy linii produkcyjnej. Takiej dyskusji w rozprawie nie przeprowadzono.

<u>Uwagi szczegółowe oraz fragmenty rozprawy wymagające sprostowań lub dodatkowych wyjaśnień</u>

str. 57 - 58	Przytaczane są błędnie nazwy i opisy istoty działania sztucznych sieci neuronowych, np. „... sieć wyprzedzająca ...” (używa się określeń : wielowarstwowy perceptron, sieć ze wsteczną propagacją lub sieć FFBP), „... sieć promieniowa (RBF) ...” (używa się określenia : sieć radialna lub bez tłumaczenia Radial Basic Function Network).
Str. 80	Opis i komentarze do rysunku przedstawiającego schemat torów pomiarowych nie są odpowiednio rozwinięte. Brak wyjaśnienia celowości stosowania filtrów nastawnych (częstotliwości granicznych tych filtrów) oraz podania wartości częstotliwości próbkowania sygnałów analogowych.
Str. 82 i inne	W pracy błędnie utożsamia się *wartości średniokwadratowe* i *wartości skuteczne.*
Str. 83 i dalsze	W przestawianych przebiegach drgań wyraźnie ujawnia się składowa stała w zarejestrowanym sygnale. Autor nie komentuje tego faktu, a w szczególności nie dostrzega możliwego wpływu występowania tej składowej na dyskutowane dalej wartości skuteczne i wnioski.

Str. 84 Dlaczego wartości skuteczne składowych siły skrawania wyznaczono bazując na pomiarach przeprowadzonych z innymi w stosunku do tab. 5.1 prędkościami skrawania (rys. 5.12) ? Czy można zatem równocześnie porównywać (analizować) wyniki przedstawione na rys. 5.11 i rys. 5.12 ? Zgrubna ocena wartości wskazuje na rozbieżności, np. dla f=0,11 mm/obr, v_C=192 m/min wartość skuteczna wynosi około F_C=210 N (rys. 5.11) a dla zbliżonych parametrów na rys. 5.12 F_C=245 N (w przybliżeniu).

Str. 87 Na rys. 5.19 przedstawiono „koncepcje systemu mocującego specjalny imaka narzędziowy". W rzeczywistości przedstawiono tylko jedno rozwiązanie bez jakiegokolwiek komentarza opisującego, na czym polegały proponowane przez Autora zmiany.

Str. 105 i 106 Optymalizując posuw podczas obróbki rowków przyjęto prędkość skrawania v_C=122 m/min (tab. 5.5). Natomiast na str. 106 stwierdza się, że dla równocześnie prowadzonej optymalizacji wydajności objętościowej skrawania przyjęto v_C=230 m/min (?).

Str. 120 W pierwszej części badań weryfikacyjnych przeprowadzono pomiary sztywności 3 obrabiarek. Czym podyktowany był wybór do dalszych badań obrabiarki o najlepszych własnościach sztywnościowych ?

Str. 121 i dalsze Jednoczesna zmiana głębokości toczenia oraz cech sztywnościowych noża uniemożliwia wskazanie przyczyny wcześniej ujawniających się drgań samowzbudnych i zerwań międzymetalicznych (?).

Str. 125 Autor stwierdza, że wspólną cechą analizowanych wariantów była stała grubość przecinaka b=1,0 mm. Dlaczego w opisach zastosowanych wariantów pojawiają się wartości b=1,0; 1,5 oraz 2,0 mm ?

Str. 126 Autor przedstawia tabelarycznie (tab.6.1) oraz w postaci wykresu (rys. 6.19) wyniki pomiarów chropowatości. Wartości z tabeli nie odpowiadają tym przedstawionym na rysunku – które wartości są poprawne ?

Str. 130 Zakres i warunki przeprowadzonych badań były zgodne z tab. 6.2 (stała wartość prędkości obrotowej). Natomiast na rys. 6.24 przedstawiono wyniki w funkcji zmiennej prędkości obrotowej (?).

Str. 139 i dalsze Opisując istotę proponowanego układu diagnostycznego przedstawiane są rysunki (rys. 6.42 i 6.43), z których wynika, że zasadniczą analizowaną wielkością jest wartość skuteczna przyspieszeń drgań. Natomiast w opisach do tych rysunków stwierdza się, że sygnał pomiarowy przetwarzany jest poprzez, między innymi, wyznaczanie wartości bezwzględnych. Jaki jest sens wyznaczania wartości bezwzględnej w przypadku analizy RMS ? Czy stosowane „wąskie konfigurowalne okno" wskazuje na zastosowanie metody ruchomej średniej ?

Pozostałe, uwagi o mniejszym znaczeniu przekazałem Autorowi rozprawy.

4. Podsumowanie recenzji i wniosek końcowy

Mgr inż. Paweł Lisiak przedstawił w recenzowanej rozprawie szczegółową analizę technologii obróbki rowków pod pierścienie oraz powierzchni walcowych tłoków silników samochodów osobowych. W efekcie tej analizy i przeprowadzonych badań zaproponował praktyczne rozwiązania w postaci nowej technologii oraz dodatkowego układu diagnostycznego, które umożliwiają poprawę ogólnie rozumianej jakości tłoków i zwiększenie efektywności ich produkcji. Stwierdzić zatem można, że Autor rozprawy zdefiniował, a następnie zaproponował oryginalne rozwiązanie ważkiego problemu o charakterze technologiczno – wdrożeniowym z uwzględnieniem wyraźnych wątków naukowo – badawczych. Realizując badania wykazał się odpowiednią wiedzą teoretyczną i praktyczną w dyscyplinie *budowa i eksploatacja maszyn*, co przejawia się, między innymi, umiejętnym zaplanowaniem i realizacją obszernych badań doświadczalnych, szczegółowymi analizami uzyskanych wyników oraz wskazaniem możliwości ich praktycznych zastosowań. Z przekonaniem stwierdzam, że Autor rozprawy posiada umiejętności pozwalające na samodzielne prowadzenie prac o charakterze zarówno wdrożeniowym jak i naukowym w zakresie wyżej wspomnianej dyscypliny *budowa i eksploatacja maszyn*.

Powyższe stwierdzenia oraz jednoznacznie pozytywna ocena ogólna rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Lisiaka pt. „Nowa technologia obróbki rowków pod pierścienie oraz powierzchni walcowych tłoków silników samochodów osobowych" upoważniają mnie do potwierdzenia spełnienia wymagań stawianych w obowiązującej Ustawie o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki.

Wnoszę o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

A. Sokołowski