

Szczecin 18.08.2017 rok

dr hab. inż. Bartosz Powalka  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
Instytut Technologii Mechanicznej

## **OPINIA**

**o rozprawie doktorskiej mgr. inż. Pawła Lisiaka**

**pt. „Nowa technologia obróbki rowków pod pierścienie oraz powierzchni walcowych  
tłoków silników samochodów osobowych”**

### **1. Ocena wyboru tematu rozprawy**

Tłoki stanowią jeden z ważniejszych elementów silnika spalinowego. Ich właściwości tribologiczne w istotny sposób wpływają na sprawność silnika, odporność na zużycie i w konsekwencji na emisję zanieczyszczeń. Bardzo ważnym elementem konstrukcyjnym tłoka silnika spalinowego jest część pierścieniowa, gdyż straty energetyczne w tym obszarze wynoszą około 5% energii uzyskiwanej w wyniku spalania.

Zgodnie z prognozami wkładka żeliwna stosowana dotąd w silnikach typu Diesel będzie stosowana również w silnikach o obiegu typu Otto. Podjęta przez mgr. inż. Pawła Lisiaka tematyka rozprawy porusza zatem tematykę bardzo aktualną, dodatkowo została zainspirowana potrzebami przemysłu wynikającymi z modyfikacji konstrukcyjnych wkładek żeliwnych stosowanych w pierwszym rowku pierścieniowym.

Autor rozprawy podjął ambitną próbę opracowania technologii obróbki rowków pod pierścienie tłokowe we wkładkach żeliwnych z zachowaniem odpowiednich parametrów falistości oraz chropowatości powierzchni oraz opracowanie nowej technologii obróbki powierzchni walcowych tłoków silników samochodów osobowych nie powodującej zrywania wiązań międzymetalicznych pomiędzy żeliwną wkładką a korpusem tłoka. Należy zatem jednoznacznie stwierdzić, że wybór tematyki rozprawy doktorskiej jest jak najbardziej trafny i aktualny.

## 2. Charakterystyka rozprawy i jej merytoryczna ocena

Rozprawa składa się z siedmiu rozdziałów, oraz wprowadzenia i spisu literatury. We wprowadzeniu omówiono rolę i funkcję tłoka w silniku spalinowym, w sposób bardzo szczegółowy przedstawiono rodzaje tłoków silników spalinowych obecnie występujących na rynku oraz zdefiniowano rolę pierścieni i wkładki tłokowej w konstrukcji tłoka. W rozdziale pierwszym Autor rozprawy poruszył tematykę aktualnego stanu zagadnienia w zakresie rozwoju konstrukcji tłoków silników samochodów osobowych, skrawalności materiałów stosowanych na tłoki, analizy stabilności, metod optymalizacji stosowanych w obróbce skrawaniem. Rozdział ten zakończył podsumowaniem zawierającym listę zagadnień istotnych z punktu widzenia tematyki rozprawy.

W rozdziale drugim przedstawiono przeprowadzone badania wstępne, w tym proces technologiczny tłoka, parametry krytyczne podlegające kontroli a także sposób prowadzenia kontroli. Na tej podstawie Autor sformułował cel pracy, którym jest opracowanie technologii obróbki rowków pod pierścienie tłokowe wkładkach żeliwnych oraz opracowanie nowej technologii obróbki powierzchni walcowych tłoków silników samochodów osobowych nie powodujące pęknięcia wiązań międzykryształicznych. Cel pracy dotyczy głównych, krytycznych parametrów części pierścieniowej tłoka. Realizacja tak nakreślonych celów rozprawy powinna doprowadzić do udowodnienia tezy pracy. Sformułowane dwie pierwsze hipotezy dotyczą możliwości doboru parametrów skrawania umożliwiających zapewnienie osiągnięcia kryteriów jakościowych części pierścieniowej przy określonej wydajności obróbki. Pewne wątpliwości można mieć co do trzeciej hipotezy sformułowanej przez Autora: *Skrócenie czasu obróbki powierzchni walcowej tłoków i rowków pod pierścienie ma istotne znaczenie w dążeniu do skrócenia taktu linii produkcyjnej.* Czy nie jest to twierdzenie zbyt oczywiste?

Zrealizowanie zadań koniecznych do udowodnienia postawionych pozwoli na wdrożenie nowej technologii obróbki części pierścieniowej. Oznacza to, że praca ma charakter wdrożeniowy a w znacznie mniejszym stopniu poznawczy.

W rozdziale czwartym zaproponowano możliwe zmiany w technologii obróbki rowków oraz części walcowej.

W rozdziale piątym przedstawiono wyniki pomiarów siły skrawania, przyspieszeń drgań, koncepcję modyfikacji imaka narzędziowego, analizy MES naprężeń i przemieszczeń narzędzia do obróbki rowków, analizę MES naprężeń w strefie styku wkładki i tłoka. Badania doświadczalne obejmowały również testy skrawaniem mające na celu

określenie trwałości stosowanych narzędzi skrawających. Określono optymalną (ze względu na minimalizację sił i drgań oraz maksymalizację wydajności objętościowej obróbki) wartość posuwu dla obróbki rowków. W wyniku badań doświadczalnych określono również wartości posuwu, głębokości skrawania, prędkości skrawania zapewniające wzrost wydajności obróbki części walcowej tłoka przy zachowaniu stabilności obróbki i nie powodujących zerwania wiązań międzymetalicznych pomiędzy żeliwną wkładką a korpusem tłoka. Badania te przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych.

W rozdziale szóstym zaprezentowano weryfikację opracowanej technologii w warunkach przemysłowych.

Pracę zakończono wnioskami z przeprowadzonych badań oraz wnioskami o charakterze ogólnym.

Można stwierdzić, że praca ma logiczny układ oraz że przeprowadzone badania doprowadziły do udowodnienia stawianych tez.

Autor rozprawy nie ustrzegł się jednak wielu błędów oraz niejasnych sformułowań. Recenzent dopatrywał się następujących uchybień:

1. W rozdziale pierwszym Autor napisał, że wzrost tłumienia procesu skrawania (a tym samym poprawa stabilności) osiąga się poprzez zwiększenie wartości kąta przyłożenia. Jest to twierdzenie błędne.
2. Na stronie 65 Autor napisał: *Zmiana kształtu musi być wprowadzona z wyprzedzeniem i uwzględniać zmienne dotyczące temperatur roboczych.* Czy Autor może to lepiej wyjaśnić?
3. Co przedstawiają wykresy na stronie 71?
4. Na stronie 76 Autor podaje warunki uznania zerwania połączenie międzymetalicznego. Podane jest to w procentach, ale nie wiadomo czego dotyczą te procenty.
5. Na stronie 81 Autor napisał, że do nacinania rowków wykorzystano kombinację parametrów z tabeli 5.1, co daje 25 przejść. Proszę o wyjaśnienie, bo nie za bardzo rozumiem skąd się wzięło 25 przejść.
6. W rozprawie Autor posługuje się przyspieszeniami drgań. Dlaczego nie zostały przyjęte jako kryterium przemieszczenia, które w bezpośredni sposób przekładają się na jakość obróbki?
7. Na stronie 87 pokazano koncepcję i widok poprawionego mocowania specjalnego imaka narzędziowego. Nie pokazano jednak jak wyglądał pierwotny imak i czym

- kierowano się podczas modyfikacji. Nie pokazano wyników pomiarów chropowatości „przed” i „po” modyfikacji imaka.
8. Autor wielokrotnie podkreśla, że nie zawsze usztywnienie układu daje oczekiwane rezultaty. W niektórych sytuacjach można układ przesztywnić i wtedy rezultaty obróbki będą gorsze niż przed usztywnieniem. Jak to Autor wyjaśni? (Oczekuję wytłumaczenia fizycznego).
  9. Na stronie 90 znajduje się rysunek 5.28, na którym są błędne oznaczenia (wykres sił). Dodatkowo nie zgadzają się z wartościami podanymi w tekście poniżej.
  10. Na stronie 96/97 Autor stwierdza, że w całym badanym zakresie nie występowały drgania samowzbudne, dzięki czemu możliwa stała się dowolna modyfikacja parametrów skrawania. Co oznacza ta „dowolność”?
  11. Na stronie 97 jest stwierdzenie: Założono zjawisko kontaktu powierzchni pierścienia i tłoka. Co Autor rozumie pod pojęciem „zjawiska kontaktu”?
  12. Na stronie 98 znajduje się rys. 5.42., na którym pokazano impulsy termiczne dla węzłów 5 i 23. Gdzie położone są te węzły?
  13. Co wynika z analiz MES? Autor stwierdza, że w przypadku braku zespolenia stykających się powierzchni pierścienia i tłoka powstają zmienne w czasie procesu skrawania rozwarstwienia między tłokiem a pierścieniem. Czy rozwarstwienie w jakiś sposób zależy od stanu kontaktu przed obróbką?
  14. Czy w procesie toczenia rowków nie powinniśmy mówić o szerokości warstwy skrawanej a nie o głębokości, która jest równa długości krawędzi skrawającej (np. str. 104)?
  15. Na str. 106 Autor napisał, że w każdym punkcie siatki obliczono wartość za pomocą modelu kwadratowo-liniowego z interakcjami stopnia 2. Dlaczego nie pokazano tego modelu?
  16. Na str. 114 pokazano widmo częstotliwościowe przyspieszeń, na którym widać że drgania samowzbudne rozwijają się przy częstotliwości około 1000Hz. Szkoda, że nie pokuszono się o wskazanie jaki element konstrukcyjny układu OUPN jest odpowiedzialny za ich powstawanie. Czy Autor może podać swój pomysł na tego typu identyfikację?
  17. Na str. 125 zgodnie ze stanem faktycznym stwierdzono, że grubość przecinaka wynosiła 1mm i na tej samej stronie w opisie wariantów mamy do czynienia ze zmienną wartością  $b$ .

18. Na str. 127 stwierdzono, że przeprowadzono analizę statystyczną porównując wartości średnie i odchylenia standardowe. Uważam, że wyniki tych analiz oraz opis narzędzi statystycznych powinny znaleźć się w rozprawie.
19. Autor w rozprawie nie pokazał powiązania pomiędzy falistością rowków i drganiami występującymi w trakcie obróbki. We wnioskach stwierdza, że zmiana parametrów skrawania pozwoliła na wyeliminowanie falistości jednak nie przytacza wyników pomiarów.
20. Kierunki przyszłych badań (str. 143) nie są związane z tematyką rozprawy i z niej nie wynikają.

Opiniowana rozprawa ma charakter doświadczalno – wdrożeniowy. Jej ogólna ocena mimo licznych uwag krytycznych jest pozytywna. Na szczególną pochwałę zasługuje sposób implementacji wyników badań wykonanych w warunkach laboratoryjnych w praktyce przemysłowej. Wyniki te nie zostały przez Autora rozprawy przeniesione wprost, lecz wymagały jeszcze przeprowadzenia szeregu badań doświadczalnych. Na uznanie zasługuje umiejętność syntezy badań prowadzonych w określonych działach badawczych (przykładem tego jest podsumowanie zagadnień dotyczących stabilności w postaci diagramu z rys. 1.41.) Rozprawa doktorska mgr. inż. Pawła Lisiaka wnosi istotny wkład w rozwój nauki o procesach skrawania, zwłaszcza w zakresie planowania eksperymentów oraz w zakresie optymalizacji.

Redakcyjne opracowanie rozprawy budzi pewne zastrzeżenia (numeracja pozycji literaturowych zwłaszcza na początku rozprawy, błędy w odniesieniach do materiałów źródłowych jak np. na str. 56) . Stylistyka rozprawy jest na dobrym poziomie.

### **3. Końcowa ocena rozprawy**

Końcowa ocena rozprawy doktorskiej mgr. inż. Pawła Lisiaka jest pozytywna. Autor wykazał się teoretyczną i praktyczną wiedzą z zakresu analizy procesu skrawania technikami planowania oraz prowadzenia eksperymentu dotyczącego optymalizacji wielokryterialnej. Udowodnił, że jest dobrze przygotowany do samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

**Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Pawła Lisiaka spełnia wszystkie wymagania odpowiedniej ustawy i może być dopuszczona do publicznej obrony.**

