

dr hab. Andrzej Pawełek, prof. PAN

Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej
im. Aleksandra Krupkowskiego
Polska Akademia Nauk
ul. Reymonta 25, 30-059 Kraków

Kraków, 13 stycznia 2012

Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Zygmunta Raunmiagi pod tytułem:

„Ocena stanu stożkowej powierzchni iglicy i gniazda rozpylaczy paliwa silników okrętowych z wykorzystaniem emisji akustycznej”

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska magistra inżyniera Zygmunta Raunmiagi liczy 102 strony, przy czym 24 strony to załączniki i literatura (140 pozycji w tym 4 własne Autora oraz literatura uzupełniająca i normy), oraz 25 pełnych stron zajmujących, w obrębie zasadniczego tekstu rysunki i tabele ilustrujące wyniki badań. Pozycje literaturowe, starannie i właściwie dobrane, wyczerpują w sposób zadowalający całokształt tematyki rozprawy i są opracowane w bardzo przejrzystej i jednolitej formie. W sumie jednak samego zasadniczego tekstu jest niespełna 50 stron, na których Autor zdołał jeszcze „upchać” 28 mniejszych rysunków, schematów i zdjęć nie zajmujących całych stron rozprawy.

W pracy przeważa zdecydowanie charakter technologiczny z dziedziny trybologii, nauki ważnej i bardzo pomocnej przy konstruowaniu i eksploatacji ruchomych węzłów maszyn co w konsekwencji pozwala osiągać polepszenie sprawności, niezawodności i trwałości urządzeń. W przypadku recenzowanej rozprawy przedmiotem badań trybologicznych są rozpylacze paliwa stosowane w spalinowych silnikach okrętowych. W szczególności celem postawionym przez Doktoranta jest zastosowanie metody emisji akustycznej do określenia i zdiagnozowania stanu technicznego stożka iglicy współpracującego z gniazdem rozpylacza. Autor nie przypadkowo wybrał te elementy rozpylacza, jako że one właśnie stanowią główny problem techniczny, gdyż z pośród innych elementów rozpylacza najczęściej ulegają uszkodzeniom. Metoda EA w aspekcie użytecznym, jest ciągle rozwijana już od wielu dekad, i jej głównym celem jest ocena stanu technicznego

urządzenia zanim nastąpi uszkodzenie, a więc w tym sensie metoda EA urasta do rangi wskaźnika pozwalającego na wczesne zasygnalizowanie i wykrywanie awarii urządzenia pracującego w ciągu technologicznym a tym samym na uniknięcie często poważnych strat finansowych przedsiębiorstwa spowodowanych wystąpieniem awarii. Generalnie problem wczesnego wykrywania awarii za pomocą metody EA nie został jeszcze rozwiązany w skali powszechnej. Doktorant, co prawda nie podejmuje się rozwiązania tego ogólnego problemu, który w tym przypadku polegałby na monitorowaniu i ocenie stopnia zużycia rozpylacza w czasie jego eksploatacji i określenia okresu czasu jego dalszej bezpiecznej eksploatacji do momentu uszkodzenia – to jednakże Doktorant podejmuje się ambitnego zadania określenia, za pomocą metody EA, parametru, który jednoznacznie określałby czy badany rozpylacz jest nowy czy też zużyty. Z tego zadania Doktorant wywiązuje się całkowicie zadowolająco i jego rozwiązanie stanowi wartościowy i oryginalny przyczynek do rozwiązania wspomnianego wyżej ogólniejszego problemu.

Aby osiągnąć cel Doktorant zbudował stanowisko pomiarowe do rejestracji sygnałów EA generowanych na skutek cyklicznych, mechanicznych obciążeń powierzchni styku iglicy i gniazda rozpylacza. Uzyskane wyniki są wystarczająco wiarygodne o czym może świadczyć fakt, że każdy z ośmiu badanych nowych i ośmiu zużytych rozpylaczy był testowany kilkadziesiąt razy co w sumie dało około tysiąc pomiarów. Statystyka przeprowadzona dla takich ilości pomiarów jest wiarygodna, co w efekcie pozwoliło Autorowi określić parametr stanu technicznego rozpylacza w postaci średniej wartości energii zdarzeń mierzonej dla najmniejszej wartości, spośród innych stosowanych w badaniach wartości progu dyskryminacji. Doktorant słusznie wybiera ten parametr gdyż rozrzut energii zdarzeń, mierzony stosunkiem odchylenia standardowego do wartości średniej był bowiem najmniejszy w porównaniu do wartości uzyskanych dla liczby i amplitudy zdarzeń EA. Jednakże kryterium energetyczne oceny stanu rozpylacza – zły lub dobry – w sensie ilościowym należy rozważać bardzo ostrożnie. Do tej pory nie ma bowiem, o ile mi wiadomo, jednolitych standardów ilościowych i energii mierzone w innych ośrodkach badawczych za pomocą innych urządzeń mogą mieć całkiem inne wartości. Zaproponowana przez Doktoranta metoda diagnozowania stanu rozpylacza jest oryginalna i może być wielce przydatna, jeśli będzie stosowana przy użyciu tej samej aparatury rejestrującej sygnały EA.

Cała rozprawa jest podzielona na sześć zasadniczych rozdziałów. Jest napisana bardzo jasno i zrozumiale (czasem nawet z lekką przesadą), ale przede wszystkim jest napisana zwięźle i precyzyjnie i uważam, co należy podkreślić, że stylistycznie i gramatycznie jest bez zarzutu. Poniżej przedstawię, dla poszczególnych rozdziałów swoje uwagi i spostrzeżenia głównie natury merytorycznej oraz dotyczące nieścisłości redakcyjnych, których przecież nie zawsze da się w pełni uniknąć.

I tak w Rozdziale 1 sposób omówienia niektórych fragmentów dotyczących stanu wiedzy (str.13-14) w postaci wyszczególnienia i streszczenia kolejno wymienianych artykułów może budzić sprzeciw gdyż na ogół przedstawia się to odwrotnie, tj. stan zagadnienia omawia się w formie ciągłego tekstu a nie w postaci wykazu nazwisk i artykułów z komentarzami do ich treści. Natomiast w Rozdziale 2, stanowiącym połowę strony tekstu, sformułowanie, cytując: „Celem naukowym jest udowodnienie założonej tezy...” jest typu *idem per idem*. A ponadto, jak sądzę, tezę formułuje się najpierw a potem przeprowadza szczegółowe studia literaturowe i badania własne, a nie odwrotnie.

W kolejnym Rozdziale 3, drobne uwagi dotyczą Rys.18 - brak oznaczeń a, b, c i d – oraz Rys.21b gdzie występuje nieścisłość w oznaczaniu twardości: raz w postaci HR0,5 (skala od 200 do 1000) a wyżej w tekście opisującym ten rysunek mamy 62 HRC. Ponadto, skoro Autor na ogół jest precyzyjny, to powinien podać znaczenia skrótów „Nht” i „DIN” zamieszczonych na tymże rysunku. Wreszcie czy zamieszczenie tabeli 3 jest konieczne? Jej treść można zmieścić w dwóch liniijkach tekstu.

Ważniejsze spostrzeżenia dotyczą badań metalograficznych. Po pierwsze sformułowanie, że na podstawie tych badań stwierdzono szczegółowy rodzaj materiału jest niefortunne: brzmi jak wynik ekspertyzy kryminalistycznej ustalającej rodzaj materiału na podstawie badań metalograficznych. Po drugie, ubolewam, że Doktorant nie przeprowadził samodzielnie badań metalograficznych, a tylko skorzystał z wyników pracy innych. Brakuje mi również, chociażby próby powiązania mikrostruktury z zachowaniem się EA.

W Rozdziale 4 poświęconym badaniom własnym Doktorant przedstawia opis własnego stanowiska pomiarowego i precyzyjnie podaje wyniki pomiarów w postaci zamieszczonych akustogramów, przebiegów amplitudy sygnałów oraz w postaci tabel ilustrujących ilościowe wyniki pomiarów energii, amplitudy i liczby zdarzeń EA. Drobne usterki to: Autor niepotrzebnie dla określenia energii zmagazynowanej wewnątrz materiału, używa pojęcia energii wewnętrznej, które to pojęcie jest ściśle zdefiniowane i zarezerwowane w termodynamice fenomenologicznej. Dalej Autor podaje, że szczegóły techniczne procedury pomiarowej są przedmiotem wniosku patentowego, ale powinien również podać odpowiedni odnośnik literaturowy, podobnie jak w dokumentacji swojego dorobku. Następnie, czy akustogramy i przebiegi amplitudowe sygnałów EA (odpowiednio Rys.36-43 i 44-59) nie mogły być wykreślone zawsze dla tej samej skali czasowej? Wtedy porównywanie przebiegów jest znacznie ułatwione.

Ważniejsze uwagi do tego rozdziału. W dyskusji wyników brakuje mi jednak odniesienia do bardziej podstawowych aspektów dotyczących przyczyn generowania EA i przynajmniej próby jakościowej interpretacji obserwowanych zmian w zachowaniu się EA. Dotyczy to przede wszystkim

odpowiedzi na pytanie dlaczego dla zużytych rozpylaczy, w porównaniu do nowych (Tabele 7-20), zarówno energia jak i amplituda zdarzeń EA spada, a liczba zdarzeń wykazuje wyraźne tendencje wzrostowe? Oczekiwałbym również odpowiedzi na pytanie dlaczego amplituda rejestrowanych sygnałów EA rośnie ze wzrostem progu dyskryminacji i to zarówno dla nowych jak i zużytych rozpylaczy? Przecież zgodnie z Rys.6 zwiększenie progu „ucina” (!) amplitudę.

Rozdział 5 Autor poświęca analizie statystycznej wyników pomiarów parametrów EA. Jest przeprowadzona poprawnie, wnikliwie i na poziomie adekwatnym do rangi rozprawy doktorskiej. Doktorant w oparciu o pojęcia rozkładu normalnego, dystrybuanty oraz gęstości prawdopodobieństwa zmiennej losowej i poziomu ufności określa kryterium oceny stanu technicznego rozpylaczy. Istota tego, podkreślam, ilościowego kryterium polega na tym, że o tym czy rozpylacz jest dobry czy zły decydują wartości średniej energii zdarzeń EA. Jednakże autor, moim zdaniem, powinien zdecydowanie podkreślić, że jest to kryterium ilościowe, które funkcjonuje w obrębie konkretnej aparatury badawczej do rejestracji sygnałów EA.

Na koniec, Rozdział 6, niecała strona, jest poświęcony wnioskowi. Pomijając nieścisłość, że wniosek 3 to nie wniosek lecz stwierdzenie - zgadzam się z Autorem, że zaproponowana metoda diagnostyki stanu technicznego rozpylaczy, w oparciu o technikę EA, jest oryginalna i należy ją dalej rozwijać i podejmować starania w celu jej wdrożenia do przemysłu.

W świetle powyższych rozważań, uważam, że przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Zygmunta Raunmiagi, spełnia wymogi, określone ustawą z dnia 14.03.2003, stawiane kandydatom do stopnia doktora nauk technicznych, i na tej podstawie występuję z wnioskiem o przyjęcie rozprawy przez Radę Naukową IPPT i dopuszczenie mgr inż. Zygmunta Raunmiagi do publicznej obrony pracy doktorskiej.

Andrzej Pawełek

Kraków, 13 stycznia 2012