

Prof. dr hab. inż. Jerzy Michalski
ul. 11 Listopada 40 m 7
03-436 Warszawa

Warszawa, dnia 21 maja 2015 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Dariusza Bartkowskiego
pt.: „Kompozytowe warstwy powierzchniowe w układzie osnowa metaliczna – faza międzywęzłowa napawane laserowo na niskowęglowych stalach konstrukcyjnych” -
podstawa opracowania recenzji - pismo Dziekana Wydziału Budowy Maszyn
i Zarządzania Politechniki Poznańskiej, z dnia 31 marca 2015 r.

Rozprawa doktorska mgr inż. Dariusza Bartkowskiego pt.: „Kompozytowe warstwy powierzchniowe w układzie osnowa metaliczna – faza międzywęzłowa napawane laserowo na niskowęglowych stalach konstrukcyjnych” jest opracowaniem dotyczącym wykorzystania technologii napawania laserowego warstw kompozytowych w celu podwyższania trwałości narzędzi rolniczych pracujących w glebie. Zagadnienia te Doktorant analizuje w aspekcie poznawczym i praktycznym. Problematyka zaprezentowana w rozprawie obejmuje opracowanie warunków napawania laserowego warstw kompozytowych Stellite-6/fazy węglkowe krzemu, boru i wolframu oraz opis ich składu chemicznego/fazowego, budowy, właściwości mechanicznych i elektrochemicznych. Zakres badań jest więc z obszaru inżynierii materiałowej i inżynierii powierzchni i dotyczy niekonwencjonalnego wytwarzania warstw powierzchniowych o właściwościach wynikających z warunków ich konstytuowania. Wykorzystanie nietaniej, ale wydajnej technologii laserowego napawania warstw kompozytowych o podwyższonej odporności na zużycie przez tarcie, do uszlachetniania powierzchni narzędzi rolniczych pracujących w glebie, uważam za uzasadnione.

Opiniowana rozprawa doktorska obejmuje charakterystykę procesu napawania laserowego, określenie parametrów technologicznych, dobór fazy wzmacniającej w kompozycie o osnowie ze stellite, ocenę wybranych właściwości konstytuowanych warstw

m.in. składu fazowego, mikrostruktury, odporności na zużycie przez tarcie, pomiary twardości, odporności korozyjnej oraz próby eksploatacyjne.

Treść rozprawy podzielono na 7 rozdziałów i wykaz literatury (pozycji - 125). Opracowanie zawiera także 103 rysunki, 11 tablic oraz streszczenia. Po zaprezentowaniu, we wprowadzeniu, podjętej problematyki badawczej, w stanie zagadnienia (rozdział 2) Doktorant, na podstawie dostępnej literatury omówił główne wątki badawcze dotyczące zużywania się narzędzi rolniczych pracujących w glebie, scharakteryzował wybrane technologie stosowane do zwiększenia ich trwałości. Następnie omówił budowę i działanie laserów oraz możliwości ich zastosowania do wytwarzania warstw powierzchniowych. Przedstawił następnie poglądy dotyczące technologii napawania laserowego oraz możliwości kształtowania struktury tworzących się warstw powierzchniowych oraz aktualny stan wiedzy dotyczący wariantów technologicznych wytwarzania kompozytowych warstw powierzchniowych, wzmocnianych węglikiem boru, krzemu i wolframu w postaci proszku. Autor podkreśla dalej, że chcąc zachować kompozytowy charakter warstwy, należy ograniczyć czas oddziaływania wiązki laserowej na materiał, w takim stopniu aby nie spowodować przetopienia cząstek węglików stanowiących wzmocnienie kompozytu.

W rozdziale 3. *Analiza stanu zagadnienia* Doktorant podkreślił, że metody laserowe są rozwijane i coraz częściej stosowane do uszlachetniania wyrobów stalowych, od których wymagana jest odporność na zużycie przez tarcie. Zwrócił uwagę na fakt, że charakter połączenia warstwy z podłożem, jest dość dobrze wyjaśniony w literaturze, natomiast brak jest doniesień dotyczących zjawisk występujących na granicy faza węglikowa – osnowa, a od charakteru tego połączenia zależą właściwości kompozytu. Podsumowując tę część rozprawy stwierdzam, że przegląd literatury jest spójny w treści zarówno w aspekcie technologicznym jak również, w zakresie charakteryzacji budowy i właściwości konstytuowanych warstw kompozytowych i stanowi dobre uzasadnienia dla pojętych badań.

W rozdziale 4. *Cel, teza i zakres pracy* Doktorant wskazał na niewielką liczbę publikacji krajowych i zagranicznych poświęconych konstytuowaniu i badaniom właściwości warstw kompozytowych o osnowie ze stopu Stellite-6 wzmocnianego cząstkami węglików oraz opisu zjawisk występujących na granicy osnowy i fazy wzmocniającej. Na podstawie analizy stanu zagadnienia Doktorant sformułował tezę pracy w brzmieniu: „*Jest możliwe wytworzenie na stalach konstrukcyjnych kompozytowych warstw powierzchniowych w układzie Stellite-6-faza międzywęzłowa o mikrostrukturze, składzie chemicznym i właściwościach użytkowych zbliżonych do węglików spiekanych*”. Teza jest dość ogólna i w związku z tym wymagała

wielowątkowych badań dla jej udowodnienia.

W rozdziale 5. *Metodyka badań* - Doktorant omówił kolejno materiały do badań, szczegółowo sposób i parametry wytwarzania warstw kompozytowych, a następnie metody badań wytworzonych warstw. Wykorzystana w pracy aparatura badawcza i użyte metody badawcze nie budzą zastrzeżeń. Zagadnienia w tym rozdziale Doktorat opisał wyczerpująco, co świadczy o gruntownej wiedzy w przedmiocie badań.

W rozdziale 6. *Wyniki badań* – Doktorant zawarł główne osiągnięcia rozprawy oparte o wyniki wykonanych badań własnych oraz ich analizę. Istotne wyniki eksperymentów Doktorant scharakteryzował w sposób przejrzysty i kompetentny. Rozdział ten wskazuje na dobrze zaplanowane i przeprowadzone badania oraz na umiejętność podejmowania badań prowadzących do osiągnięcia zaplanowanego celu.

W pierwszym etapie, Doktorant na podstawie badań struktury wytworzonych kompozytów wzmacnianych SiC, B₄C oraz WC stwierdził, że tylko kompozyt wzmacniany węglikiem wolframu rokował uzyskanie warstwy kompozytowej o zakładanych cechach, w związku z tym dalsze badania poświęcił kompozytowi Stellite-6/WC.

W rozprawie bardzo dokładnie dokumentowano wyniki badań. Zdjęcia metalograficzne, skaningowe są bardzo dobrej jakości i trafnie dobrane. Wymagało to starannej preparatyki materiału badawczego. W konsekwencji materiał ilustracyjny potwierdza stawiane przez Doktoranta hipotezy i przyjęte założenia dotyczące budowy kompozytu wzmacnianego węglikiem wolframu. Na podkreślenie zasługuje również staranność wykonanych badań rentgenowskich (XRD) oraz badań składu chemicznego (EDS). Wyniki badań właściwości łącznie z wynikami badań budowy, stanowią o wartości pracy.

Dyskusja wyników badań jest prowadzona na dobrym poziomie, a na tej podstawie Doktorant dokonał właściwej ich oceny, dowodząc tym, że posiada wiedzę w dyscyplinie inżynieria materiałowa. W szczególności technologii laserowego napawania warstw kompozytowych oraz wykorzystania technik badawczych umożliwiających prawidłowy opis struktury i wybranych właściwości w tym właściwości eksploatacyjnych. Interpretacja niektórych wyników badań w mojej opinii nie jest jednoznaczna, dotyczy to np. wyników badań elektrochemicznych. Krzywe potencjodynamiczne pokazane na rysunkach 88 ÷ 90 są typowe dla korozji wżerowej, potwierdzają to również zdjęcia na rysunku 91. Podczas badania, korozji ulega przede wszystkim podłoże na które naniesiono warstwę kompozytową. Chcąc określić właściwości elektrochemiczne samej warstwy kompozytowej, należałoby nanieść ją na podłoże nieprzewodzące np. ceramikę. W przypadku opisanym w pracy badana

była odporność korozyjna systemu areologicznego warstwa-podłoże.

Zabrakło mi w komentarza na ile wyniki badań odporności na zużycie przez tarcie uzyskane w testach laboratoryjnych są spójne z wynikami uzyskanymi w warunkach polowych. Laboratoryjne badania odporności na zużycie przez tarcie prowadzono w warunkach tarcia suchego, natomiast w badaniach polowych proces zużycia przebiegał w obecności luźnego ścierniwa. Do badań polowych wybrano dwa najlepsze warianty z prób laboratoryjnych, skąd pewność że wybrano najlepsze, skoro testy w obu przypadkach przebiegają w różnych warunkach.

W rozdziale 7. *Podsumowanie i wnioski* Doktorant omówił najistotniejsze osiągnięcia pracy do których zaliczył opracowanie modelu konstytuowania warstwy kompozytowej podczas napawania z pokazaniem przemian towarzyszących temu procesowi. Doktorant wykazał, że można kontrolować proces napawania w stopniu umożliwiającym ograniczenie nadtapiania powierzchniowej strefy ziaren węgla wolframu, co umożliwiło mu udowodnienie postawionej tezy. Trafnie postawiony problem naukowy został, moim zdaniem, rozwiązany w stopniu nie budzącym wątpliwości. Praca wykonana jest bardzo starannie pod względem edytorskim.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska stanowi osiągnięcie o charakterze poznawczym oraz użytecznym. Zaproponowane przez Autora rozprawy wnioski, może zbyt szczegółowe w niektórych przypadkach, są zgodne z wynikami eksperymentów oraz ich wcześniejszą analizą. Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Dariusza Bartkowskiego jest pracą wartościową i w pełni spełnia moim zdaniem wymagania przewidziane w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym. Wnoszę więc o dopuszczenie mgr inż. Dariusza Bartkowskiego do publicznej jej obrony przed Radą Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej.

